



Elodie Savasta Dos Santos

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Perfil Gestão e Sistemas Ambientais

CARTOGRAFIA DE RISCO DE CHEIA: ANÁLISE COMPARATIVA DE CARTOGRAFIA DE CHEIA PARA A CIDADE DE TAVIRA

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do
Ambiente, perfil de Gestão e Sistemas Ambientais

Orientadora: Professora Doutora Júlia Seixas, FCT

Co-orientador: Engenheiro Luís Sá, ANPC

Presidente: Prof. Doutor Pedro Santos Coelho

Arguente: Prof. Doutor José Carlos Ferreira

Vogal: Prof. Doutora Júlia Seixas



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Dezembro, 2011

ELABORAÇÃO DE CARTOGRAFIA DE RISCO DE CHEIA – CASO DE ESTUDO CIDADE DE TAVIRA

Copyright

“A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.”

À minha família, amigos e colegas

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio de um conjunto de pessoas. Em primeiro lugar agradeço aos meus orientadores de tese, à Professora Doutora Júlia Seixas pela sua ajuda, referência, compreensão e paciência, ao Engenheiro Luís Sá e à Engenheira Patrícia Pires da Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) pelo estímulo, auxílio e compreensão. Em segundo, a todas as pessoas da ANPC, em especial a Dra. Carina, o Dr. Guiseppe e a Dra. Elsa Costa, pela amabilidade como me receberam, pelo apoio, assim como pela informação e formação.

Não menos importante, um enorme agradecimento à minha família, em especial à minha mãe, por me ter ajudado e acarinhado numa etapa importante da minha vida.

Por fim, a todos os meus amigos e colegas da faculdade em especial, agradecer-lhes a força que me deram nos momentos decisivos deste processo, a dissertação.

SUMÁRIO

Na presente dissertação desenvolveu-se um trabalho de investigação comparando diferentes metodologias de elaboração de cartografia de risco de cheia, para a cidade de Tavira, uma área propensa a cheia. Devido ao facto de se encontrar segundo o LNEC, numa zona de risco de cheia com ponto crítico no rio Gilão, que passa pela cidade de Tavira, desenvolveu-se as cartas de risco de cheia para a zona, recorrendo a ferramentas de detecção remota e sistema de informação geográfica (SIG).

A análise do risco de cheia implica a avaliação dos factores que nele intervêm, ou seja, o perigo de cheia e a vulnerabilidade face a esse fenómeno. Devem, portanto, ser analisadas as características físicas do meio aquático, da planície de cheia e os habitats associados e as características sócio-económicas da ocupação da planície de cheia.

A análise da tipologia das cheias envolve, em primeiro lugar, a distinção da origem da cheia (fluvial ou marítima) e posteriormente, a consideração de quatro características fundamentais: a dimensão ou área da bacia hidrográfica; tipo de ocorrência meteorológica; tipo de vale que é inundável; factores sócio-económicos (ICN, 2002).

A cartografia de risco procura identificar e localizar convenientemente os perigos que afectam o território, permitindo proceder ao adequado enquadramento das dinâmicas naturais e tecnológicas com tradução territorial e que hoje podem ser integradas em múltiplos conjuntos de dados espaciais nos SIG. A elaboração de cartografia de risco de cheia foi aplicada à freguesia de Santa Maria (cidade de Tavira). Esta análise é relevante para a elaboração do Plano de Emergência de Cheias para o concelho de Tavira, permitindo o desenvolvimento de medidas de planeamento de emergência e de ordenamento do território, de forma a minimizar o risco para as populações, bens e ambiente.

Depois de realizada a identificação e caracterização dos riscos e localizadas as áreas expostas a eventos extremos, sobretudo onde podem manifestar-se com gravidade elevada, é possível definir as melhores estratégias de resposta a catástrofes ou acidentes graves, testar a eficácia dos meios e recursos existentes, perceber os constrangimentos físicos e funcionais à mobilidade e encontrar alternativas de gestão integrada de elevada importância para a elaboração de carta de zonas inundáveis.

A realização de cartografia de risco de cheia foi desenvolvida a partir da junção da carta de probabilidade de ocorrência de cheia para períodos de retorno de 10 e 100 anos com a carta de vulnerabilidade que foi contabilizada a partir de pesos diferentes conforme o grau de importância no território. Assim, desenvolveram-se duas cartas de classe de probabilidade de ocorrência de risco de cheia e duas cartas de classe de vulnerabilidade de risco de cheia. Foram aplicadas duas metodologias distintas para a elaboração das classes de probabilidade: a metodologia da Universidade do Algarve, denominada UA e a metodologia desenvolvida com a equipa do Comando Nacional de Operações de Socorro (CNOS), da Autoridade Nacional de Protecção civil, denominada ANPC_p e foram aplicadas duas metodologias distintas para a classe de vulnerabilidade: a metodologia UA e a metodologia ANPC_v.

Os resultados obtidos demonstram que a carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia é importante na construção da carta de risco de cheia, pois delimita a área atingida pela cheia para os períodos de retorno de 10 e 100 anos, sendo de elevada importância para a carta de risco de cheia. A metodologia ANPC_p face à metodologia UA utiliza a variável a altura de cheia associada ao período de retorno. As cartas de classe de vulnerabilidade utilizadas divergem devido ao número de indicadores utilizados e à importância dada para cada um deles. Assim, conclui-se que a escolha das cartas de classe de probabilidade e vulnerabilidade são determinantes para a construção da carta de classe de risco de cheia. A carta de risco de cheia que melhor se adequa ao caso de estudo é a que resulta da metodologia ANPC_{R3}.

Palavras-chave: cidade de Tavira, carta de risco de cheia, vulnerabilidade, probabilidade e SIG.

ABSTRACT

This dissertation developed a research comparing different methods of preparation of flood risk mapping for the city of Tavira, an area prone to flood. Due to the fact that it is, according to LNEC, a flood risk area with a critical point in the Gilão river, passing by the city of Tavira, the flood risk maps for the area are developed, using remote sensing tools and geographic information system (GIS).

The flood risk analysis involves assessing the factors involved in it, i.e., the danger of flooding and vulnerability to this phenomenon. Should therefore be considered the physical characteristics of the aquatic environment, of the floodplain associated habitats and socio-economic characteristics of the occupation of the floodplain.

The analysis involves the type of flooding, first, to distinguish the origin of the flood (fluvial or sea) and then the consideration of four fundamental characteristics: the size or area of the watershed, type of weather occurrence, and type of valley is flooded, socio-economic factors (ICN, 2002).

The risk mapping seeks to identify and locate conveniently the dangers affecting the territory, allowing the proper conduct of the dynamic natural environment and technology with translation territorial and now can be integrated into multiple sets of spatial data in GIS. The preparation of flood risk mapping has been applied to the parish of Santa Maria (Tavira city). This analysis is relevant to the preparation of the Emergency Flood Plan for the municipality of Tavira, allowing the development of effective emergency planning and land use planning to minimize the risk to the people, property and environment.

After making the identification and characterization of the risks and localized areas exposed to extreme events, especially where they can express themselves with high gravity, you can define the best strategies for responding to disasters or serious accidents, to test the effectiveness of the means and resources, understand the physical constraints and functional mobility and find alternatives for the integrated management of high importance for the development of flood hazard maps.

The implementation of flood risk mapping was developed from the joint probability of occurrence of flood return periods for 10 and 100 years with the vulnerability that was recorded from different weights depending on the degree of importance in the territory. Thus, developed two letters of class probability of the risk of flooding and two letters of vulnerability class of flood risk. Then an applied two different methodologies for the preparation of classes of probability: the methodology of the University of Algarve, called UA and the methodology developed with the team of the National Command Relief Operations (CNOS), the National Civil Protection Authority, and were called ANPC_P applied two different methodologies for the class of vulnerability: the methodology UA and the methodology ANPC_V.

The results demonstrate that the letter of class probability of flooding is important in the construction of the letter of flood risk, it delimits the area affected by the flood for the return periods of 10 and 100 years, being of high importance to letter of flood risk. The methodology ANPC_P in the face of UA methodology adds a variable height of flooding associated with the return period. The letters used class of vulnerability differs due to the number of indicators used and the importance given to each. Thus, it was concluded that the choice of the letters of class probability and vulnerability are crucial for the construction of the letter-class flood risk. The letter of flood risk that best suits the case study is the methodology that results ANPC_{R3}.

Keywords: city of Tavira, a letter full of risk, vulnerability, probability and GIS.

SIGLAS

SIG – Sistema de Informação Geográfica

ANPC – Autoridade Nacional de Protecção Civil

CNOS – Comando Nacional de Operações de Socorro

PNRF – Parque Natural da Ria Formosa

CMT – Câmara Municipal de Tavira

DRAOT – Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território

INAG – Instituto da Água

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

REN – Reserva Agrícola Nacional

ICNB – Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade

GNR – Guarda Nacional Republicana

PSP – Polícia de Segurança Pública

DGADR – Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

FCT-UNL – Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

UA – Universidade do Algarve

PT – Posto de Transformação

MDT – Modelo Digital Terreno

ANPC_v – Metodologia da classe de vulnerabilidade do risco de cheia pela ANPC

ANPC_p – Metodologia da classe de probabilidade do risco de cheia pela ANPC

ÍNDICE DE MATÉRIAS

| | |
|---|----|
| Preâmbulo | 1 |
| 1.Introdução..... | 2 |
| 2.Cartografia de risco de cheia | 6 |
| 2.1 – Conceito de Risco..... | 8 |
| 2.2 Caso de estudo - Brasil | 9 |
| 2.3 Caso de estudo – França | 10 |
| 2.4 Caso de estudo – Itália..... | 12 |
| 2.5 Caso de estudo – África Meridional | 13 |
| 3. Metodologia..... | 20 |
| 3.1 – Descrição da cidade de Tavira | 20 |
| 3.2 – Metodologia para a cartografia de risco de cheia | 24 |
| 3.3 – Probabilidade de ocorrência de uma cheia..... | 35 |
| 3.3.1 – Metodologia da Universidade do Algarve | 36 |
| 3.3.2 – Metodologia da ANPC _P | 37 |
| 3.4 – Vulnerabilidade de ocorrência de uma cheia | 39 |
| 3.4.1 – Metodologia da Universidade do Algarve | 39 |
| 3.4.2 Metodologia da ANPC _V | 41 |
| 3.5 – Cartografia de risco de cheia..... | 45 |
| 4.Resultados e discussão | 48 |
| 4.1. Comparação das cartas de classes de probabilidade de ocorrência de cheia | 48 |
| 4.2 Comparação das cartas de classes de vulnerabilidade à cheia | 51 |
| 4.2.1 Análise de valorização da metodologia ANPC _V | 51 |
| 4.2.2 – Diferenças nas classificações dos indicadores das duas metodologias de classe de Vulnerabilidade..... | 57 |
| 4.3 Cartas de classe de risco de Cheia..... | 60 |
| 4.3.1 Carta de Risco de Cheia: metodologia da UA..... | 61 |
| 4.3.2 Carta de Risco de cheia: metodologia ANPC _{R1} | 62 |
| 4.3.3 Carta de Risco de Cheia: metodologia ANPC _{R2} | 64 |
| 4.3.4 Carta de Risco de Cheia: metodologia ANPC _{R3} | 66 |
| 4.3.5 – Comparação entre as quatro metodologias de cartografia de risco de cheia | 68 |
| 5. Recomendações e Conclusão..... | 72 |
| Referências Bibliográficas | 76 |
| Anexo A: Cartas de Vulnerabilidade de ocorrência de cheia | 80 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Valor de risco de cheia (Portail Cartographique de la Région Wallonne, 2007). | 11 |
| Figura 2 – Classe de sensibilidade dos bens expostos numa situação de cheia (Mateo Rossi, 2009/2010). | 13 |
| Figura 3 – Vista Panorâmica da Cidade de Tavira (Fonte: CMT, 2009) | 21 |
| Figura 4 – Carta Preliminar das Zonas de Risco de Cheia (SNIRH, 2009)..... | 23 |
| Figura 5 - Processo de caracterização do risco (ANPC, 2009)..... | 25 |
| Figura 6 – Esquema das metodologias desenvolvidas para a cartografia de cheia. | 35 |
| Figura 7 – Altura atingida da cheia de 1989 em Tavira (2,5 metros de altura) – Posto de Transformação (SANTOS, 2011). | 38 |
| Figura 8 – Altura atingida da cheia de 2000 em Tavira (1 metro de altura) – Posto de Transformação (SANTOS, 2011). | 38 |
| Figura 9 – Posto de Transformação em Tavira, com as duas alturas de água atingida no ano 1989 e 2000 (SANTOS, 2011). | 38 |
| Figura 10 – Carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia, para um período de retorno de 10 anos – metodologia UA..... | 50 |
| Figura 11 - Carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia, para um período de retorno de 10 anos – metodologia ANPC _p | 50 |
| Figura 12 - Carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia, para um período de retorno de 100 anos – metodologia UA..... | 50 |
| Figura 13 – Carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia, para um período de retorno de 100 anos – metodologia ANPC _p | 50 |
| Figura 14 - Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia – análise de valorização do sector económico para a área de período de retorno de 100 anos - metodologia ANPC _v | 53 |
| Figura 15 - Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia – análise de valorização do sector económico para a área de período de retorno de 10 anos - metodologia ANPC _v | 53 |
| Figura 16 – Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia – análise de valorização da parte social para a área de período de retorno de 10 anos – metodologia ANPC _v | 54 |
| Figura 17 – Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia – análise de valorização da parte social para a área de período de retorno de 100 anos – metodologia ANPC _v | 54 |
| Figura 18 – Carta de Risco de Cheia para a metodologia UA – período de retorno 10 anos. | 62 |
| Figura 19 – Carta de Risco de Cheia para a metodologia UA – período de retorno de 100 anos..... | 62 |
| Figura 20 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC _{R1} para um período de retorno de 10 anos. | 64 |
| Figura 21 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC _{R1} para um período de retorno de 100 anos. | 64 |
| Figura 22 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC _{R2} para um período de retorno de 10 anos. | 66 |
| Figura 23 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC _{R2} para um período de retorno de 100 anos. | 66 |
| Figura 24 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC _{R3} para um período de retorno de 10 anos. | 67 |
| Figura 25 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC _{R3} para um período de retorno de 10 anos. | 67 |

| | |
|---|----|
| Figura 26 - Estruturas afectadas pelas cheias de Tavira para um período de retorno de 100 anos – metodologia ANPC _{R1} | 70 |
| Figura 27 – Estruturas afectadas pelas cheias de Tavira para um período de retorno de 100 anos – metodologia ANPC _{R3} | 70 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Categorias de risco (Lumbroso, 2005)..... | 16 |
| Tabela 2 – Factores que afectam o risco de cheias (Lumbroso, 2005) | 17 |
| Tabela 3 – Caracterização geográfica (ANPC, 2009)..... | 26 |
| Tabela 4 – Caracterização Socio-económica (ANPC, 2009)..... | 26 |
| Tabela 5 – Caracterização de infra-estruturas (ANPC, 2009) | 27 |
| Tabela 6 – Caracterização de infra-estruturas (ANPC, 2009) | 28 |
| Tabela 7 – Caracterização de infra-estruturas (ANPC, 2009) | 29 |
| Tabela 8 – Graus de gravidade (ANPC, 2009) | 32 |
| Tabela 9 – Graus de risco (ANPC, 2009)..... | 33 |
| Tabela 10 – Classe de probabilidade e pesos atribuídos (Coelho, 2009). | 37 |
| Tabela 11 – Pesos atribuídos para a probabilidade com períodos de retorno, Decreto-Lei 258/2007 ... | 37 |
| Tabela 12 – Pesos atribuídos à probabilidade associada a períodos de retorno e alturas de água. | 39 |
| Tabela 13 – Indicadores e classes de vulnerabilidade (Coelho, 2009)..... | 40 |
| Tabela 14 – Classes de Vulnerabilidade (Coelho, 2009) | 41 |
| Tabela 15 – Classe de Vulnerabilidade da metodologia ANPC _v | 43 |
| Tabela 16 – Análise de importância: indicadores e importância atribuída as duas análises. | 44 |
| Tabela 17 – Classe de Vulnerabilidade das duas análises de valorização. | 44 |
| Tabela 18 – metodologia de classificação para as classes de risco de cheia (Coelho, 2009) | 45 |
| Tabela 19 – Ponderação do risco de cheia (Coelho, 2009) | 45 |
| Tabela 20 – Classe de Risco de Cheia UA..... | 46 |
| Tabela 21 – Classe de risco de cheia ANPC _{R1} | 46 |
| Tabela 22 – Classe de risco de cheia da metodologia ANPC _{R2} | 46 |
| Tabela 23 – Classe de risco de cheia da metodologia ANPC _{R3} | 47 |
| Tabela 24 – Áreas afectadas para a classe de vulnerabilidade da análise de importância no sector económico | 52 |
| Tabela 25 – Áreas afectadas para a classe de vulnerabilidade da análise de importância da parte social | 52 |
| Tabela 26 – Áreas afectadas para as quatro metodologias da carta de risco de cheia, para um período de retorno de 10 anos – Indicador Densidade Populacional..... | 58 |
| Tabela 27 – Áreas afectadas para as quatro metodologias da carta de risco de cheias, para um período de retorno de 100 anos – Indicador Densidade Populacional..... | 58 |
| Tabela 28 – Áreas afectadas para as quatro metodologias para um período de retorno de 10 anos – Indicador uso do solo/sector económico | 59 |
| Tabela 29 - Áreas afectadas para as quatro metodologias para um período de retorno de 100 anos – Indicador uso do solo/sector económico | 60 |
| Tabela 30 – Área de Classe de risco da Metodologia da Universidade do Algarve | 62 |
| Tabela 31 – Áreas afectadas para a metodologia da Carta de Risco de Cheia (ANPC _{R1})..... | 63 |
| Tabela 32 – Áreas afectadas para a metodologia da Carta de Risco de Cheia (ANPC _{R2})..... | 66 |
| Tabela 33 – Áreas afectadas para a metodologia da Carta de Risco de Cheia (ANPC _{R3})..... | 68 |

Preâmbulo

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Protocolo de Intercâmbio e Cooperação Científica, entre a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, nos domínios de investigação e desenvolvimento em Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

A tese elaborada teve a colaboração da equipa do Comando Nacional de Socorro (CNOS), em especial do Engenheiro Luís Sá, que me orientou para a realização da presente dissertação. Assim, foi possível desenvolver uma metodologia de risco associado à cheia baseada em carta de probabilidade de risco de cheia, ao qual denominamos, $ANPC_P$, e uma carta de vulnerabilidade/consequência de risco de cheia, denominada, $ANPC_V$, que deu origem a uma carta de risco de cheia, que denominamos por $ANPC_{R3}$.

A orientação do Engenheiro Luís Sá foi crucial para o desenvolvimento desta metodologia, que pretende contribuir para a melhoria da cartografia de risco de cheia.

1.Introdução

A cartografia de risco de cheia é de elevada importância, visto que as cheias são um fenómeno natural que não poderá ser evitado, mas poderá ser minimizado através de: obras hidráulicas (exemplo: barragem para a regularização das cheias); planeamento e ordenamento do território; através de avisos em tempo real (dispositivos de alerta e socorro), que poderá diminuir os prejuízos de pessoas, bens e ambiente, evitando desalojados e perdas de vidas humanas e impactes sócio-económicos.

O Decreto-Lei nº115/2010 define risco de cheia como a combinação da probabilidade de cheias, tendo em conta a sua magnitude, e as suas potenciais consequências prejudiciais, avaliando-as através da identificação do número e tipo de actividade afectada, podendo por vezes ser apoiada numa análise quantitativa.

A elaboração desta cartografia foi importante para a realização de um Plano de Emergência em situação de cheias para a zona em estudo. Um Plano de Emergência em caso de cheias contém variada informação gráfica e alfanumérica, que visa essencialmente definir a área afectada por cheias com um dado período de retorno. Deve identificar quais as infra-estruturas, equipamentos e populações afectadas, e esquematizar as acções de mitigação e socorro a desenvolver de forma a combater os efeitos deste risco natural. Um Plano deve incluir a caracterização da situação, a implementação de sistemas de previsão e alerta e esquematização das acções a desenvolver (Rodrigues, ANPC).

A cartografia dos riscos de cheia foi também fundamental para um correcto ordenamento do território, pretendendo-se com a mesma mitigar os efeitos decorrentes de situações de cheias em áreas ocupadas pelo Homem (ICN, 2002). As áreas com aglomerados urbanos atingidos por cheias num período de tempo, que pelo menos, incluísse o ano de 1967, os seus municípios têm a obrigatoriedade de elaborar cartas de risco de cheia (Decreto-Lei nº364/98 de 21 de Novembro de 1998).

O risco associado à cheia foi definido segundo o trabalho realizado pela Câmara Municipal de Tavira, sendo entendido como a probabilidade de ocorrência da cheia (períodos de retorno) com as consequências prejudiciais ou perdas esperadas, como mortes em vidas humanas, danos em propriedades e património cultural, prejuízos nas actividades económicas ou no meio ambiente, em consequência de perigos naturais ou antrópicos e as condições de vulnerabilidade existente. Convencionalmente o risco é expresso pela seguinte equação:

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade de ocorrência de cheia} \times \text{Vulnerabilidade de ocorrência de cheia}$$

A noção de risco implica a análise de dois conjuntos de factores, os factores ligados à dinâmica natural do Meio, que desenham o conceito de *hazard* (língua inglesa) ou *aléas* (língua francesa), e os factores ligados à diferente vulnerabilidade das populações, decorrentes das características demográficas, do poder económico, da forma de organização política e do estatuto social e cultural (Cunha e Cravidão,

2001). Relacionada ainda com a questão da vulnerabilidade encontra-se a percepção do risco por parte da sociedade, na medida em que a sua capacidade de resposta face a determinado evento natural será função do grau de preparação existente (ICN, 2002)

O conceito de *hazard* traduz a probabilidade espacial e temporal de ocorrência de um fenómeno natural com consequências negativas para o Homem e para a sociedade, enquanto o conceito de vulnerabilidade diz respeito às consequências previsíveis desse fenómeno sobre o Homem e a sociedade, ou seja, encontra-se relacionado com a capacidade de resposta de cada sociedade face a determinada ocorrência (ICN, 2002).

Normalmente, a noção de risco corresponde ao produto destes dois conjuntos de factores, lembrando que é a vulnerabilidade que imprime importância ao risco natural, sobretudo quando são colocadas em perigo vidas humanas e bens materiais. Assim, para realizar a carta de risco de cheia foi necessário cruzar informações. A carta de risco de cheia é a junção da probabilidade de ocorrência do fenómeno e as consequências prejudiciais (vulnerabilidade) ocorridas no território. Para a construção da carta de probabilidade de risco de cheia recorre-se a informação hidrometeorológica, nomeadamente precipitações, caudais e registos de cheias, para uma maior precisão pode-se recorrer a modelação hidrológica. A construção da carta de vulnerabilidade de risco de cheia refere-se a indicadores sociais, económicos, infra-estruturas e ambientais. Estes indicadores deverão traduzir as consequências prejudiciais que ocorrem no território aquando uma situação de cheia.

O objectivo do trabalho de investigação consiste na análise de diversas metodologias para a cartografia de risco de cheia na cidade de Tavira, concelho de Tavira, com a utilização de SIG (ArcGis) de forma a encontrar uma metodologia mais conveniente para a zona em estudo. Este objectivo enquadra-se no Decreto-lei nº115/2010, 22 de Outubro de 2010, que considera de elevada importância a elaboração de cartas de zonas inundáveis para áreas de risco em Portugal. Para a melhoria das cartas de risco de cheia, estas deverão seguir uma metodologia equivalente para todas as áreas de risco em Portugal. Este trabalho irá contribuir para uma melhoria do Plano de Emergência em situação de cheias para o Município de Tavira. Esta área foi escolhida por ser uma zona de risco de cheia em Portugal, tendo o seu troço crítico no Rio Gilão (LNEC, 2009).

Para a realização das cartas de risco de cheia foi necessário realizar a carta de vulnerabilidade e de probabilidade das áreas de cheia sendo que os objectivos específicos desta dissertação são:

- Definir e implementar diversas metodologias para a avaliação do risco de cheia;
- Cartografar as cartas de risco de cheia;
- Comparar as diversas cartografias de risco de cheia;

Esta dissertação é composta por 5 capítulos.

No capítulo 1, introdução, estabelece-se o contexto de cartografia de risco de cheia, aborda-se a importância da cartografia e a sua obrigatoriedade presente no Decreto-Lei nº115/2010 e introduziu-se o conceito de risco e os objectivos desta dissertação.

No capítulo 2, cartografia de risco de cheia, aborda a legislação aplicada as cartas de risco de cheia, o conceito de risco e casos de estudo existentes em diversos países.

No capítulo 3, a metodologia, aborda a localização, caracterização geomorfológica e económica e as cheias ocorridas no Concelho de Tavira, justificando a escolha para a realização da cartografia de risco de cheia. Depois da justificação da escolha da cidade, foram descritas as metodologias aplicadas nesta dissertação.

No capítulo 4, resultados e discussão, são apresentados e discutidos os resultados obtidos com as metodologias aplicadas de forma a poder encontrar as suas semelhanças e diferenças.

Finalmente no capítulo 5, recomendações e conclusão, conclui-se qual a carta de risco de cheia aplicável à zona de estudo e quais os ajustamentos a ser feitos para melhorar a cartografia de risco de cheia.

2.Cartografia de risco de cheia

Neste capítulo pretende-se rever a legislação aplicada a cartas de risco de cheia e a sua importância, afim de poder interpretar a análise da cartografia em estudo. O Decreto-Lei nº89/87 estabelece medidas de protecção às zonas ameaçadas pelas cheias, introduzindo alterações ao Decreto-Lei nº468/71, de 5 de Novembro e revogado pela Lei n.º 16/2003 de 4 de Junho, capítulo II artigo 14, Zonas ameaçadas pelas cheias, classifica como zona ameaçada pela cheias ou zona adjacente, a área contígua à margem de um curso de água, que se estende até à linha alcançada pela maior cheia com probabilidade de ocorrência no período de retorno de 100 anos. As acções de fiscalização e a execução de obras de conservação e regularização, a realizar nas zonas adjacentes, podem ser exercidas no regime de colaboração a que se refere o artigo 12º do Decreto-Lei nº 77/84, de 8 de Março, também referido na Lei da Água, Lei nº 54/2005, descrevendo que as zonas adjacentes ficam sujeitas a um regime que proíbe:

- A destruição do revestimento vegetal ou alteração do relevo natural, com excepção da prática de culturas tradicionalmente integradas em explorações agrícolas;
- A instalação de vazadouros, lixeiras, parques de sucata ou quaisquer outros depósitos de materiais;
- A implementação de edifícios ou da realização de obras susceptíveis de construir obstrução à livre passagem das águas;
- A divisão da propriedade rústica em áreas inferiores à unidade mínima de cultura.

O Decreto-Lei nº 93/90 delimita os leitos dos cursos de água e zonas ameaçadas pelas cheias como áreas a considerar para efeitos de integração na REN (Reserva Ecológica Nacional).

O Decreto-Lei n.º364/98 estabelece a obrigatoriedade de elaboração da carta de zonas inundáveis nos municípios com aglomerados urbanos atingidos por cheias num período de tempo que, pelo menos, inclua o ano de 1967 e que ainda não se encontrem abrangidos por zonas adjacentes classificadas nos termos do artigo 14º do Decreto-Lei nº468/71, de 5 de Novembro, na redacção conferida pelo Decreto-Lei nº89/87, de 26 de Fevereiro, devem elaborar uma carta de zonas inundáveis, que demarque, no interior dos perímetros urbanos, as áreas atingidas pela maior cheia conhecida.

A Lei nº 54/2005, designada lei da Água, definiu zonas adjacentes como áreas contígua à margem ameaçada pelo mar ou pelas cheias. As zonas adjacentes estendem-se desde o limite da margem até uma linha convencional que corresponde à linha alcançada pela maior cheia, com período de retorno de cem anos ou à maior cheia conhecida, no caso de não existirem dados que permitam identificar a anterior. As zonas adjacentes mantêm-se sobre propriedade privada ainda que sujeitas a restrições de utilidade pública. O encargo real resultante da classificação de uma área como zona adjacente é sujeito a registo, nos termos e para efeitos do Código de Registo Predial. As zonas adjacentes estão sujeitas a

restrições de utilidade pública, sendo proibido áreas de ocupação edificada e a ocupação edificada condicionada. A Lei nº 54/2005, artigo 23º, zonas ameaçadas pelas cheias, transcreve os seguintes procedimentos a ter:

- Tem iniciativa para a classificação de uma área ameaçada pelas cheias como zonas adjacentes, o governo; o INAG; o ICN, nas áreas classificadas; o município, através da Câmara Municipal.

A Directiva nº 2007/60/CE sobre a avaliação e gestão dos riscos de inundações tem como objectivo reduzir as suas consequências prejudiciais, veio evidenciar a necessidade de reforçar o actual quadro legal, no que respeita ao fenómeno de cheias, preocupando-se com a avaliação, gestão e mitigação de riscos. Assim, nos termos do Decreto-Lei nº 115/2010, em cada região hidrográfica ou unidade de gestão, será avaliado o risco de cheia e respectivas medidas suplementares para a sua mitigação, elaborando cartas de risco de cheias. As cartas de Risco de Cheias são de elevada importância para a elaboração, a posteriori, de um Plano de Emergência em situação de cheias para as zonas em estudo.

O presente Decreto-Lei nº 115/2010 define a cheia pela cobertura temporária por água de uma parcela do terreno fora do leito normal, resultante de cheias provocadas por fenómenos naturais como a precipitação, incrementando o caudal dos rios, torrentes de montanha e cursos de água efémeros correspondendo estas a cheias fluviais, ou de sobrelevação do nível das águas do mar nas zonas costeiras e a conjugação das duas. No artigo 8º do presente decreto-lei sobre as cartas de risco de cheias, refere quais os indicadores que devem ser estudadas nos casos de cheias com consequências prejudiciais.

O Decreto-Lei nº 115/2010 de 22 de Outubro estabelece um quadro para a avaliação e gestão dos riscos de cheias, com o objectivo de reduzir as consequências associadas às cheias prejudiciais para a saúde humana, incluindo perdas humanas, o ambiente, o património cultural, as infra-estruturas e as actividades económicas. As cartas de risco de cheia são realizadas para as áreas de risco susceptíveis de serem inundadas e devem contemplar os seguintes cenários: a cheia de baixa probabilidade de ocorrência ou cenário de fenómenos extremos; a cheia de média probabilidade de ocorrência, com um período de retorno igual ou superior a 100 anos; a cheia de elevada probabilidade de ocorrência, associada a períodos de retorno inferiores a inferior a 100 anos. Estes seguintes cenários devem indicar a extensão da cheia, ou seja, as zonas inundadas; a profundidade da água cotada topograficamente em relação ao nível médio da superfície das águas, ou níveis hidrometricamente referenciados; caudal da cheia, ou a velocidade de escoamento correspondente quando aplicável. Depois da realização dos cenários descritos anteriormente, também será necessário associar as cheias potenciais consequências prejudiciais, que poderão ser: o número indicativo de habitantes potencialmente afectados, edifícios sensíveis, tipos de actividade económica, infra-estruturas rodoviárias e ferroviárias, património cultural entre outras presentes no Decreto-Lei.

2.1 – Conceito de Risco

O conceito de risco difere conforme diversos autores. Segundo Varnes (1984), o Risco Ambiental foi definido como o “grau de prejuízo ou dano causado a pessoas e bens, devido à ocorrência de um perigo (Hazard)” ou “número esperado de perdas de vidas, danos a pessoas, bens e propriedades, ou interrupção de actividades económicas devido a um fenómeno natural particular”. Assim, o Risco total (R_t) foi expresso como: $R_t = (H \times V) \times (E)$, onde H (Hazard) é perigo, V é vulnerabilidade e E é um elemento em Risco. O termo perigo significa “um evento físico, fenómeno natural e/ou induzido por uma actividade humana, potencialmente danoso ou nocivo, por causar perdas de vidas, ferimentos, danos a propriedades e bens, interrupção de actividades sociais e económicas e degradação ambiental”. Envolve a probabilidade de ocorrência do fenómeno em um determinado período de tempo e em uma dada área. Vulnerabilidade refere-se ao “grau de perda ou dano de um determinado elemento ou um conjunto de elementos em risco, resultante da ocorrência de um fenómeno natural de uma dada magnitude”. O elemento risco refere-se a populações, propriedades, bens e actividades económicas em risco em uma dada área (Souza, 2004).

Para as Nações Unidas o Risco corresponde à “probabilidade de consequências danosas ou perdas esperadas (de vidas, propriedades, bens de sustento próprio, interrupção de actividades económicas e danos ambientais) resultantes das interacções entre perigos (Hazards) naturais ou induzidos e as condições de Vulnerabilidade e Capacidade”. Noutras palavras, Risco pode ser expresso em termo de $Risco = H \times V/C$, ou seja, a vulnerabilidade (V) corresponde a um conjunto de condições e processos resultantes de factores físicos (relacionados ao uso e ocupação do solo), sociais, económicos e ecológicos, a capacidade (C) refere-se à maneira pela qual as pessoas e organizações conseguem lidar positivamente com as condições adversas de um desastre ou evento (Souza, 2004).

Para a ANPC, no âmbito do planeamento de emergência de protecção civil, risco é definido como a probabilidade de ocorrência de um processo (ou acção) perigoso(a) e respectiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens e ambiente. Os riscos podem ser agrupados em três grupos: naturais, tecnológicos e mistos. Os riscos naturais são os que resultam do funcionamento dos sistemas naturais (como por exemplo os sismos, movimentos de massa em vertentes, erosão do litoral e cheias). Os riscos tecnológicos são os que resultam de acidentes, frequentemente súbitos e não planeados, decorrentes da actividade humana (por exemplo cheias por ruptura de barragens e acidentes no transporte de mercadorias perigosas). Os riscos mistos são os que resultam da combinação de acções continuadas da actividade humana com o funcionamento dos sistemas naturais (por exemplo os incêndios florestais) (ANPC, 2009).

A cartografia de risco de cheias não segue uma metodologia única, existindo diversas metodologias com características mais ou menos distintas. Depois de realizada uma pesquisa foi possível descrever alguns casos de estudos desenvolvidos um pouco por todo o mundo, escolheu-se quatro casos de

estudos, o primeiro desenvolvido no Brasil, o segundo em França, o terceiro na Itália e por fim na África meridional em Moçambique.

2.2 Caso de estudo - Brasil

No caso de estudo realizado pela Universidade Estadual de Santa Cruz, no Brasil, a representação da cartografia de risco de cheias seguiu uma adaptação da fórmula, em que o risco foi representado da seguinte forma:

$$Risco = \sum (H \sum VA)$$

Onde:

H o perigo expresso em função da probabilidade da ocorrência dentro de um período de frequência (anos);

V a vulnerabilidade física dos elementos que estão expostos ao risco, sendo atribuído um valor (de 0 a 1) para cada elemento;

A significa os danos causados aos elementos que estão em risco;

No presente caso de estudo o autor refere inundação que no contexto da presente dissertação é equivalente à cheia. Esta equação foi adaptada aos atributos identificados na área em estudo, obtendo-se a seguinte equação:

Risco de inundação

$$= \sum (TR) \times \{ (Vulnerabilidade da Tipologia) \times [((Altura da inundação \times P1) + (Densidade Populacional \times P2) + (Densidade de Habitações \times P3) / \sum P)] \}$$

Onde:

TR é o período de retorno em anos das cheias, sendo representado pelas probabilidades: TR (em dois anos) = 0,5, TR(em cinco anos) = 0,2, TR(em dez anos) = 0,1, TR(em vinte anos) = 0,05, TR(em cinquenta anos) = 0,04 e TR(em cem anos) = 0,01;

Vulnerabilidade da Tipologia é a vulnerabilidade das tipologias habitacionais, para cada tipo de tipologia foi atribuído um valor de vulnerabilidade, que assume valores entre 0 e 1;

Alturas da Cheia são as alturas de água (metros);

Densidades Populacional são os valores de densidade populacional (habitantes/km²);

Densidades de habitações são os valores de densidade habitacional (habitações/km²);

Os **valores P1, P2 e P3** são pesos atribuídos aos valores de altura de cheia, densidade populacional e densidade habitacional, respectivamente 2, 5 e 3. Dando-se maior relevância à densidade populacional, seguido da densidade habitacional e por fim a altura de água (Hora e Gomes, 2009).

A vulnerabilidade das tipologias foi classificada através da atribuição de valores ao padrão construtivo das moradias, em cada tipo de uso e ocupação. Os valores variam de 0 a 1, o valor 1 representa a situação de maior vulnerabilidade da habitação com relação aos danos causados pelo fenómeno de cheia.

2.3 Caso de estudo – França

A metodologia desenvolvida pelo grupo francês GTI (Groupe Transversal Inondations) assenta nos princípios do método “inondabilité” do Cemagref (Instituto Francês de Investigação em Engenharia na Agricultura e Meio Ambiente) que seguem os seguintes pontos:

- Garantir a coerência entre os diferentes métodos utilizados;
- Tem em conta a aprendizagem e estudos já concluídos ou em andamento;
- Usa os melhores dados disponíveis ou em desenvolvimentos sobre as temáticas: hidrológica, solos, topografia, entre outras.

A cartografia de risco desenvolvida por esta metodologia exclui qualquer caso de alagamento catastrófico devido a uma ocorrência accidental, como uma falha no sistema de bombeamento do dique, e qualquer outro acidente similar. Apenas conta com a cheia natural dos rios para delinear as áreas de perigo. Assim, define-se que o valor de risco de cheias é determinado pela combinação de dois factores: a ocorrência de uma cheia com um dado período de retorno e a sua extensão (altura de cheia). A figura 1 ilustra a como é calculado o valor do risco de cheias (Portail Cartographique de la Région Wallonne, 2007).

O risco de cheia é dividido em três classes:

- Baixa (F) se a profundidade for inferior a 30 centímetros;
- Média (M) se a profundidade for entre 30 centímetros a 1,30 metros;
- Alta (E) se a profundidade for igual ou superior a 1,30 metros.

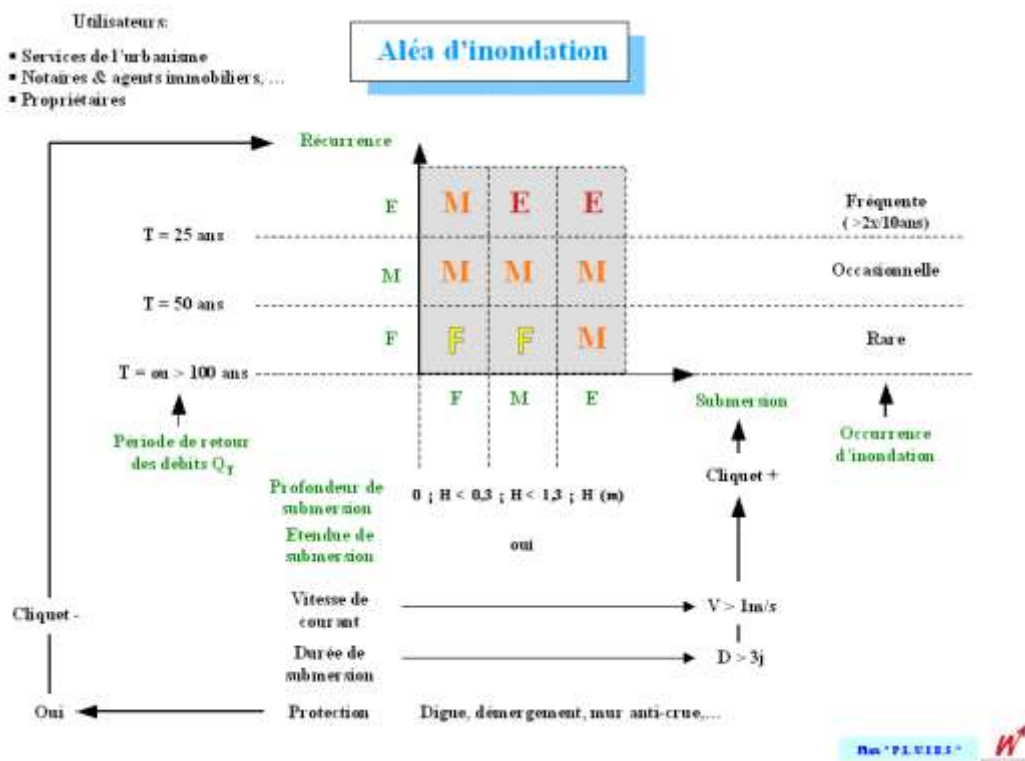


Figura 1 – Valor de risco de cheia (Portail Cartographique de la Région Wallonne, 2007).

A ocorrência de uma cheia está relacionada a um período de retorno, implicando o cálculo estatístico de uma série histórica ou em séries sintéticas reconstruídas a partir da série de observações de precipitação através de um modelo integrado hidrológico. Em caso de indisponibilidade de dados necessários para os cálculos estatísticos, o período de retorno pode ser definido através das observações e levantamentos de campo. A ocorrência também pode ser subdividida em três categorias:

- Baixa, cheia com um período de retorno entre 50 e 100 anos;
- Média, cheia com um período de retorno entre os 25 e 50 anos;
- Alta, cheia com um período de retorno inferior a 25 anos;

Se o período de retorno é definido pela ocorrência de cheias, três valores são utilizados:

- Baixa, se a cheia ocorre em média de uma vez em 10 anos;
- Média, se a cheia ocorre em média uma vez em cada 10 anos;
- Alta, se a cheia ocorre mais de duas vezes em 10 anos.

O valor do risco de cheias é um resultado da combinação de valores de ocorrência (períodos de retorno) e submersão (altura de cheia). Assim, da leitura da figura 1, obtém-se os seguintes valores:

Risco Baixo (F): é uma combinação de um período de retorno superior a 50 anos ou com rara ocorrência e uma submersão superior a 1,30 metros

Risco Médio (M): é a combinação de três tipos diferentes, portanto, pode ser a combinação de um período de retorno inferior a 25 anos com uma ocorrência comum submersa inferior a 30 centímetros, pode ser a combinação de um período de retorno entre os 25 e 50 anos com uma ocorrência ocasional, independente da profundidade e por fim, pode ser a combinação de um período de retorno superior a 50 anos com uma submersão superior a 1,30 metros.

Risco elevado (E): é a combinação de um período de retorno inferior a 25 anos e uma ocorrência comum de submersão maior ou igual a 30 centímetros.

2.4 Caso de estudo – Itália

Segundo a metodologia desenvolvida pela Università di Roma “Sapienza”, Facoltà di Ingegneria – Polo di RieB a.a, 2009/2010, o risco de cheia é definido através da seguinte fórmula:

$$Risco = P \times V \times K$$

O risco de cheia é o produto de P (perigo), com V (valor exposto) e K (vulnerabilidade). O perigo é definido pelo período de retorno, $P = 1/Tr$, simulando tempos de retorno de 50, 200 e 500 anos para encontrar o seu fluxo e áreas inundáveis. O valor exposto é definido pela identificação de um valor económico e social de pessoas, bens e instalações que ficam na superfície exposta ao fenómeno calamitoso. A vulnerabilidade é a capacidade para resistir a eventos de intensidade calamitosa.

O risco é definido pelo decreto-lei DPCM del 29/09/1998, ao qual define critérios para proceder à delimitação das áreas de risco. Assim, define-se o risco em quatro categorias:

Risco muito elevado: é definido pelas possíveis perdas de vida humana, danos graves de edifícios e infra-estruturas e destruição do tecido sócio-económico;

Risco elevado: definido por problemas de segurança pública, indisponibilidade dos imóveis e das infra-estruturas, interrupção das actividades sócio-económicas.

Risco médio: ocorrência de danos menores nos edifícios e nas infra-estruturas sem prejudicar a segurança das pessoas e da funcionalidade das actividades sócio-económicas.

Risco moderado: ocorrência de danos sociais, económicos e ambientais marginais.

Pela incapacidade de avaliar significativamente em termos económicos todas as diversas tipologias dos bens expostos, distribuídos internamente nas faixas de vulnerabilidade à cheia, foi dado ênfase à avaliação dos valores dos bens e da sua vulnerabilidade, a possibilidade das perdas de vida humana em relação às especificadas do uso dos bens distribuídos no território, de forma a introduzir diferentes classes de sensibilidade. No presente caso de estudo é de salientar que o autor refere a sensibilidade, que no contexto da presente dissertação refere-se ao conceito de classes de vulnerabilidade. A

sensibilidade é assim dividida em quatro classes: muito elevada (ME), elevada (E), média (M) e Baixa (B). A figura abaixo apresenta os bens expostos à cheia e a sua classe de sensibilidade/vulnerabilidade face à cheia, para ilustrar o tipo de valores obtidos com esta metodologia.

| BENE ESPOSTO | | |
|---|----|----------|
| Edificato continuo | Rc | ME (100) |
| Edificato discontinuo | Rd | ME (100) |
| Ospedali | Sh | ME (100) |
| Scuole | Si | ME (100) |
| Caserme | Sm | ME (100) |
| Edificato industriale commerciale artigianale | Pi | E (80) |
| Aeroporti | Sa | E (80) |
| Stazioni ferroviarie | Sf | E (80) |
| Aree per deposito e stoccaggio | Pd | E (80) |
| Protezione civile | Sp | E (80) |
| Impianti sportivi | Vs | E (80) |
| Depuratori | Td | M (50) |
| Discariche | Ts | M (50) |
| Centrali elettriche | Te | ME (100) |
| Cimiteri | Sc | B (20) |
| Verde attrezzato | Vp | B (20) |
| Seminativi irrigui | Ai | B (20) |
| Seminativi asciutti | Aa | B (20) |
| Colture orticole | At | B (20) |
| Vigneti | Av | B (20) |
| Oliveti | Ao | B (20) |
| Frutteti | Af | B (20) |
| Colture florivaistiche e serricoltura | Ac | B (20) |
| Colture specializzate | As | B (20) |
| Colture miste | Am | B (20) |
| Aree per impianti zootecnici. | Az | B (20) |
| Impianti arborei lineari | Va | B (20) |
| Masse boscate | Vb | B (20) |
| Arbusteti e cespuglieti | Vc | B (20) |
| Prati pascolo | Vi | B (20) |
| Boschi ripariali | Vr | B (20) |
| Specchi d'acqua | Co | B (20) |
| Aree in trasformazione/costruzione | Rt | B (20) |
| Aree nude | An | B (20) |
| Cave ed impianti di lavorazione | Ca | B (20) |

Figura 2 – Classe de sensibilidade dos bens expostos numa situação de cheia (Mateo Rossi, 2009/2010).

2.5 Caso de estudo – África Meridional

Segundo o projecto desenvolvido por Lumbroso (2005) sobre as estratégias sustentáveis para mitigar os impactos das cheias desenvolvendo avaliações de risco de cheias. O caso de estudo avalia as áreas de cheias ocorridas nos rios Zambeze e Shire, em Moçambique nos anos 2001 a partir de imagens de

satélite, fotografias e Modelo Digital Terreno (MDT). O objectivo deste caso de estudo foi facultar linhas de orientação sobre como desenvolver avaliações de risco de cheias para as organizações responsáveis pela gestão da água da África meridional.

As cheias são definidas como eventos naturais recorrentes que afectam os rios e as zonas costeiras. Nos rios, as cheias são o resultado de chuvas intensas ou contínuas que excedem a capacidade de infiltração dos solos e a capacidade do caudal do leito do rio. Estes factores levam um rio a transpor as suas margens e a inundar os terrenos adjacentes. Nas zonas costeiras, os níveis altos do mar e as ondas podem provocar cheias. Estas podem ser provocadas por condições atmosféricas extremas, como por exemplo os ciclones ou tsunamis. As áreas de cheias podem ser perigosas para as pessoas, os bens, animais e outros bens de valor.

A frequência dos eventos de cheias é na generalidade descrita em termos da sua frequência estatística. Uma “cheia de que ocorre uma vez em 100 anos” descreve um evento de cheia que tem uma probabilidade de 1% de ser igualado ou excedido num ano indeterminado. Similarmente uma “planície de cheia de 1 em 100 anos” descreve a área que seria inundada na eventualidade de um tal evento de cheia. Isto não significa que uma tal cheia ocorra apenas uma vez em cem anos. Ocorrendo ou não em determinado ano não tem qualquer influência no facto de continuar a existir uma hipótese de 1% de uma ocorrência semelhante no ano seguinte. Dado que as planícies de cheias poderem ser mapeadas, o limite de cheias de 1 em 100 anos é em termos comuns utilizado para identificar áreas onde o risco de cheia é significativo.

Os mapas de risco de cheias evidenciam a extensão das áreas e bens sob risco de cheia. Estes mapas não são apenas necessários para uma avaliação nacional de risco de cheias, podem também facultar informações valiosas para o planeamento de toda uma gama de actividades, incluindo as reacções de emergência a uma cheia catastrófica. Assim foram definidos os conceitos de perigo e risco. Um perigo pode ser definido como uma situação com um potencial para resultar em danos. Um perigo não conduz necessariamente a danos, mas a identificação de um perigo significa que há uma possibilidade de ocorrerem danos. No contexto das cheias, um perigo de cheia existe em áreas onde as cheias podem ocorrer. O risco é uma combinação do acaso de um evento específico, com o impacto que o evento causaria se ocorresse. O risco tem consequentemente duas componentes: o acaso (probabilidade) de um evento ocorrer e o impacto (consequência) associada a esse evento. Assim o risco foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade} \times \text{Vulnerabilidade}$$

No contexto de cheias, a probabilidade é a eventualidade da cheia ocorrer e a vulnerabilidade/consequência são os impactos da cheia. Para a identificação dos riscos de cheias é necessário realizar

mapas de risco de cheias. Para a avaliação da probabilidade de ocorrência de cheia é necessário o seguinte:

- Localização das áreas de cheias;
- Frequência de submersão da área de cheia;
- A altura da água das cheias;
- Período de tempo em que a área de cheia está coberta de água;
- Alturas do ano em que as cheias são prováveis;

Numa avaliação de risco de cheias é importante avaliar o grau de risco da área de cheia e produzir mapas de risco de cheias. Um método pelo qual o perigo de cheia pode ser categorizado é apresentado na tabela 1.

Um método eficaz para a elaboração de mapas de cheias consiste na utilização de um modelo digital terreno (DTM) do local afectado pela cheia, combinado com estimativas de projecções dos níveis da água das cheias em vários locais. Para a realização dos mapas de risco de cheias são necessários seguir os seguintes passos:

- Estabelecer a magnitude das cheias a ser mapeadas (períodos de retorno);
- Estimar os picos das cheias definidas em qualquer ponto dos rios no país, que será feita a partir da modelação da bacia de drenagem ou da análise estatística dos dados dos caudais;
- Produzir um modelo digital terreno do local afectado pela cheia;
- Estimar o nível das águas para a cheia definida em qualquer ponto ao longo dos rios;
- Utilizar o MDT em conjunto com os níveis das águas para a cheia definida para delinear a extensão/área de cheia.

O risco de cheia é resultado da combinação da probabilidade de cheia e das suas consequências. Existe um número de factores que pode afectar o risco de cheia. Estes factores podem ser agrupados em quatro grandes categorias:

- Comportamento da cheia;
- Topografia;
- População em risco;
- Gestão da emergência.

A tabela 2 identifica os vários factores nestas categorias.

Tabela 1 – Categorias de risco (Lumbroso, 2005)

| Categoria de risco | Descrição |
|---------------------------|---|
| Baixo | Não existem problemas significativos de evacuação. Se necessário, as crianças e os idosos podem fugir para segurança atravessando a água a vau sem dificuldades; a altura máxima de cheia e a velocidade da corrente da cheia ao longo das vias de evacuação são baixas; e as distâncias de evacuação são curtas. |
| Médio | Áreas onde os adultos saudáveis possam atravessar a água a vau para locais seguros, mas onde as crianças e os idosos possam ter dificuldade; e a altura máxima e velocidade da corrente são superiores. |
| Alto | Os adultos saudáveis têm dificuldade em atravessar a água a vau para segurança; as vias de evacuação são ainda mais longas; e a altura máxima e velocidade da corrente de cheia são ainda maiores (até 1,0 metros e 1,5 metros por segundo). |
| Extremo | São necessários barcos ou helicópteros para a evacuação; atravessar a vau não é opção devido ao ritmo de subida das águas, a sua altura e a velocidade da corrente da cheia. Altura máxima de água e velocidade da corrente da ordem de 1,0 metro e 1,5 metros por segundo. |

A severidade ou dimensão de uma cheia é na generalidade o principal determinante de um perigo. Não só afecta aspectos do comportamento da cheia que influênciam individualmente o perigo, por exemplo, a altura da água, a sua velocidade, a taxa de subida das águas, mas também determina o número de pessoas em risco.

O grau de risco e da perturbação social variam com a dimensão da população que vive na área de cheia ou dependendo dela para a sua subsistência. Quanto maior for a população no interior da área de cheia maior é o risco de cheia (tabela 2).

Tabela 2 – Factores que afectam o risco de cheias (Lumbroso, 2005)

| Comportamento da Cheia | Topografia | População em risco | Gestão de emergência |
|---|----------------------------------|-------------------------------|--|
| Severidade | Vias de evacuação | Número de pessoas | Previsão de cheias |
| Altura | Ilhas | Número de casas e outros bens | Aviso de cheias |
| Velocidade | Presença de diques contra cheias | Tipo de utilização dos solos | Planos de reacção às cheias |
| Taxa de subida Duração | | Sensibilização para as cheias | Planos de evacuação Planos de recuperação |

Uma análise das consequências de cheias toma em consideração a população e estruturas em risco no interior da zona propensa às cheias. A análise pode avaliar as consequências das cheias em termos do seguinte:

- Deslocamento e salvamento da população, áreas para onde a população será deslocada devido à extensão das cheias, podendo igualmente necessitar de operações de salvamento;
- Subsistência, áreas onde há um impacto na subsistência das pessoas como por exemplo em consequência da destruição das colheitas;
- Danos nas casas e infra-estruturas sociais (por exemplo clínicas e escolas); devem ser definidos os tipos de edifícios existentes na área de cheia.
- Acesso aos bens alimentares e cuidados de saúde; os danos infligidos nas infra-estruturas importantes tais como estradas, linhas de caminho de ferro e os sistemas de abastecimento de água e electricidade e ainda as infra-estruturas de saneamento que podem conduzir à propagação de doenças.

Uma análise de vulnerabilidade, que identifica a população sob maior risco de cheias, pode ser igualmente utilizada para identificar as respostas dos serviços de emergência que podem ser necessárias, incluindo a necessidade de abrigos temporários e meios de evacuação. A análise é também importante para as decisões sobre o nível de protecção contra cheias.

Neste capítulo foi possível analisar as convergências e divergências associadas ao risco de cheia. As metodologias são diferentes mas assentam em alguns pontos semelhantes, pois todas as metodologias descritas anteriormente descrevem o risco de cheia com base nos períodos de retorno à cheia e a sua

altura. Estas semelhanças encontradas nestas metodologias tornaram possível a aplicação das metodologias na presente dissertação.

As divergências encontradas nas metodologias apresentadas foram:

- No caso de estudo do Brasil utiliza-se uma equação na qual o risco de cheia é a combinação dos seguintes factores: o período de retorno da cheia (5,10,20 e 100 anos); a vulnerabilidade da tipologia, que representa o uso e ocupação do solo; a altura de cheia, a densidade populacional e habitacional estão associados a um peso de importância, sendo dado maior importância à densidade populacional e menor importância a altura de cheia.
- No caso de estudo de França, o risco de cheia é resultado da combinação de valores de ocorrência com um dado período de retorno (<25, 25-50 e >100 anos) com a altura de cheia. A grande diferença desta metodologia é a ausência de vulnerabilidade/consequência, visto que os períodos de retorno associados a uma altura em centímetros e com a sua ocorrência otimiza a carta de risco de cheia.
- No caso de estudo da Itália, o risco de cheia é definido pelas perdas de vida humana, danos em edifícios, infra-estruturas e actividades socio-económicas. O risco é contabilizado pelos impactos da cheia no território. O cálculo do risco depende do período de retorno da cheia (50, 200 e 500 anos) com o valor exposto/vulnerabilidade do território, identificando a população, os bens e serviços e as infra-estruturas capazes de serem danificadas pela ocorrência da cheia e a vulnerabilidade.
- No caso de estudo da África Meridional foi definido o risco de cheia pelo produto da probabilidade de ocorrência com a vulnerabilidade do risco de cheia. A probabilidade associada aos períodos de retorno com as alturas de cheia. A vulnerabilidade associada a tipologia do solo e população em risco.

Apesar das divergências encontradas nas metodologias de risco de cheias, foi possível verificar que todas elas utilizam pelo menos os períodos de retorno associados à altura de água atingida. A vulnerabilidade apenas não foi utilizada na metodologia do caso de estudo de França.

A partir das observações feitas, foi possível pensar que seria importante que na carta de probabilidade de ocorrência de cheia, associar às alturas de água aos períodos de retorno da cheia. Para a carta de vulnerabilidade, as consequências associadas à cheia são diversas e diferem de local para local. Para a presente dissertação foi estudados os indicadores socio-económicos e ambientais relevantes para a cidade de Tavira.

3. Metodologia

Este capítulo começa por descrever a zona em estudo, a cidade de Tavira, a sua geomorfologia e as actividades económicas e a importância da realização da cartografia de risco de cheia para a cidade. Depois da descrição da zona em estudo são explicadas as metodologias aplicadas para a realização das cartas de risco de cheia.

3.1 – Descrição da cidade de Tavira

A Cidade de Tavira fica inserida no distrito de Faro, Concelho de Tavira. O concelho fica situado no Sul de Portugal, na Região do Algarve, mais exactamente no Sotavento Algarvio, fazendo fronteira a Norte com os Concelhos de Alcoutim e Loulé, a Oeste com os de São Brás de Alportel e Olhão, a Leste com os de Vila Real de Santo António e Castro Marim e a Sul com o Oceano Atlântico (CMT, 2010a).

Este concelho ocupa uma área de seiscentos e onze quilómetros quadrados e tem uma população residente de vinte e quatro mil novecentos e noventa e sete habitantes (Censos 2001), distribuída pelas nove freguesias: Cabanas, Cachopo, Conceição, Luz de Tavira, Santa Catarina da Fonte do Bispo, Santa Luzia, Santa Maria, Santiago e Santo Estêvão. Geomorfologicamente enquadra-se em três zonas distintas: Litoral, Barrocal e Serra.

O litoral caracteriza-se por uma faixa estreita, junto à costa, com recursos naturais importantes, designadamente, solos agrícolas férteis, aquíferos, zonas húmidas, praias e o Parque Natural da Ria Formosa, este possui uma enorme importância ao nível do ambiente e biodiversidade de espécies. Devido a estes factores, existe nesta zona uma maior oferta de trabalho, resultando numa maior concentração urbana e maior densidade populacional.

O barrocal, por sua vez, caracteriza-se por uma zona de grande valor paisagístico, constitui uma faixa de transição entre o rural e urbano. Esta sub-região reúne boas condições de infiltração de água que alimentam importantes aquíferos que comunicam com o litoral. Com solos pedregosos e afloramentos calcários, é comum vislumbrar pomares de sequeiro: oliveira, alfarrobeiras, amendoeiras e figueiras. A serra caracteriza-se por solos delgados de reduzida aptidão agrícola em termos de coberto vegetal.

Assim, o Concelho de Tavira constitui uma “unidade territorial e administrativa”, cuja “coerência” integra aspectos geográficos, históricos e culturais. Todavia, essas características conferem-lhe maior responsabilidade ao nível da gestão dos recursos hídricos, defesa dos valores ambientais, patrimoniais e culturais. Em suma, o Concelho de Tavira concentra no seu território todas as potencialidades e necessidades que caracterizam, tão fortemente, a região Algarvia. O posicionamento geográfico de Tavira concede-lhe uma importância regional com dinâmicas particulares no plano económico, social

e cultural, permitindo entender que o Concelho é constituído por territórios com especificidades distintas (CMT, 2010b).

Parte da cidade de Tavira atingida por cheias situa-se na freguesia de Santa Maria, com aproximadamente cento e trinta e cinco quilómetros quadrados, esta freguesia tem aspectos muito diferenciados, relacionados com factores que caracterizam o litoral e o interior. Em termos espaciais e demográficos, a freguesia de Santa Maria possui seis mil quatrocentos e um habitantes, que se encontram distribuídos entre espaço urbano e rural (figura 3) (CMT, 2010b).



Figura 3 – Vista Panorâmica da Cidade de Tavira (Fonte: CMT, 2009)

- i. Tavira é um dos 16 concelhos da região do Algarve, cujo tecido empresarial representa, na sua totalidade, cerca de 6% do tecido empresarial regional. Segundo os dados publicados pelo Instituto Nacional de Estatística em 2005 (CMT, 2008), a estrutura económica do concelho apresentava a seguinte configuração:
- ii. No sector primário, cerca de 14% das iniciativas empresariais de Tavira actuavam na Agricultura e Pescas, enquanto no Algarve as empresas destas actividades representavam apenas 9% de todo o tecido empresarial da região;
- iii. O sector secundário abrangia cerca de 25% das empresas do concelho, 2 pontos percentuais acima do valor da região, representado na sua maioria pela construção;
- iv. No sector terciário, cerca de 61% das empresas do concelho dedicavam-se ao Comércio e Serviços, Alojamento e Restauração. No Algarve, o mesmo conjunto de actividades era desenvolvido por 67% das empresas da região, confirmando a especialização nos serviços devido ao turismo.

As situações de chuva intensa, que originam as cheias, encontram-se associadas a condições de instabilidade atmosférica que, em Portugal continental, ocorrem geralmente do Outono à Primavera. Foram realizados estudos de caracterização de zonas de risco e das vulnerabilidades associadas na procura de melhores soluções que influenciaram não só a actuação das forças intervenientes, mas igualmente, como se espera, os conceitos de uso do solo e ordenamento do território. Nas áreas de maior vulnerabilidade revela-se importante a minimização dos efeitos associados, pois podem ocorrer perda de vidas e destruição avultadas de bens (ICN, 2002).

O Algarve também conhece problemas de cheias, principalmente pela curta dimensão das suas bacias hidrográficas. Uma bacia hidrográfica corresponde a área drenada por um curso de água ou por um sistema interligado de cursos de água. O caudal de um rio (Q) é a quantidade de água que passa num ponto qualquer do rio num determinado tempo: $Q = A$ (área da secção transversal (largura x profundidade média) em metros quadrados) X V (velocidade média (metros por segundo)). Quando o caudal aumenta, o rio tem de ajustar a sua velocidade e área da secção transversal para manter o equilíbrio. O caudal aumenta à medida que mais água é adicionada ao rio, proveniente da chuva, de afluentes ou da água subterrânea. Com o aumento de caudal, aumentam também a largura e a profundidade do canal e a velocidade da corrente. O aumento da profundidade e largura do rio pode fazer com que o rio transborde o seu canal, originando inundações (FONSECA, 2008/09). O aumento do caudal e velocidade da corrente é maior em bacias de curta dimensão. As zonas como Monchique, Silves (rio Arade) e Tavira (rio Gilão) evidenciaram no passado algumas vulnerabilidades a cheias. No mapa de risco de cheia observou-se as áreas de maior vulnerabilidade em Portugal Continental, onde se identificou a zona de Tavira (rio Gilão) com um ponto crítico situado na cidade de Tavira (zona em estudo). Este mapa de risco foi baseado em informação do Estudo do LNEC para o INAG, a carta preliminar das Zonas de Risco de Cheia à escala 1:500000 (figura 4) (LNEC, 2009).

Foi escolhido o caso de estudo em Tavira por ser uma área de risco de cheia com elevada vulnerabilidade. Na cidade de Tavira encontramos diversos sectores económicos importantes, como comércio e turismo e elevada densidade populacional. A bacia Hidrográfica do Rio Gilão fica inserida na área do PNRF e a zona baixa da cidade de Tavira, o que devido à conjugação da elevada precipitação com a preia-mar, o que provoca uma grande elevação do nível das águas do Rio Gilão, ocorrendo cheias. O rio Gilão apresenta um trecho final (de reduzido declive) muito assoreado como consequência do elevado declive dos primeiros 24 km, e principalmente dos primeiros 11 km (PBH das Ribeiras do Algarve, 1999). O reduzido declive na foz do rio Gilão situado na zona central da cidade de Tavira provoca cheias na cidade. Estes motivos justificam a escolha da cidade de Tavira como caso de estudo para a realização de cartografia de risco de cheia a desenvolver na presente dissertação. O concelho de Tavira foi atingido por diversas cheias provocadas por precipitações intensas ou moderadas e permanentes associadas aos níveis de maré, inundando áreas contíguas às suas margens. Destacam-se as ocorridas na cidade de Tavira, nos anos de 1989, 2000 e 2010.

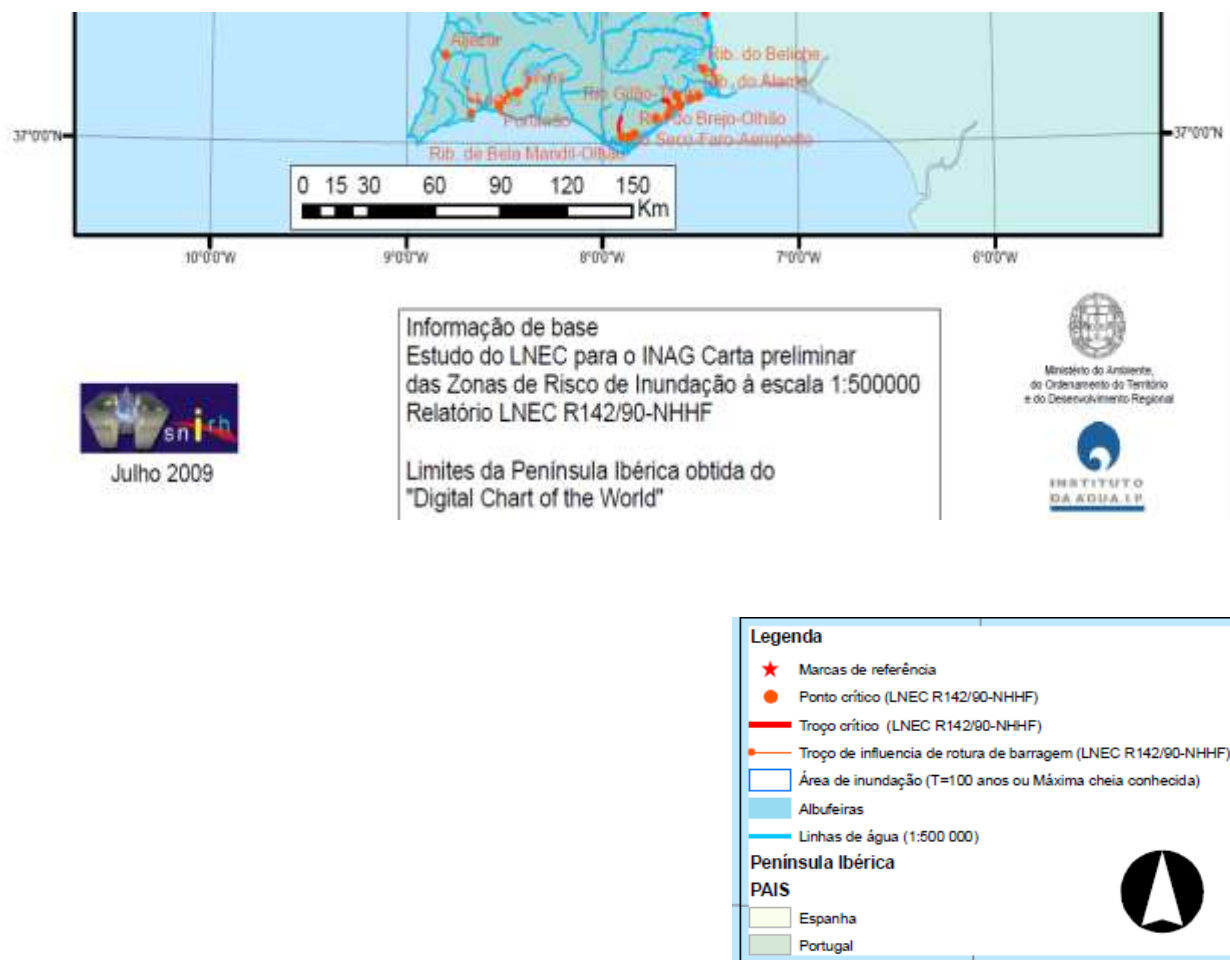


Figura 4 – Carta Preliminar das Zonas de Risco de Cheia (SNIRH, 2009)

Na cidade de Tavira têm sido várias as situações de cheias, com maiores e menores dimensões, mas com prejuízos avultados. Entre elas, a cheia de 26 de Janeiro de 1948, duas cheias no dia 29 de Novembro de 1949, em 1958, em Fevereiro de 1969, a grande cheia de 3 de Dezembro de 1989 e em 22 de Dezembro de 2000 uma nova cheia, de menores dimensões, atingiu cerca de um metro de altura, provocando danos materiais “Repórter Gilão, 2009”. “Na cidade de Tavira ocorreu a maior cheia de que há memória, no dia 3 de Dezembro de 1989, o rio Gilão depois de dias de intensas chuvas, galgou as margens e faz diversos danos materiais, na imagem podemos ver a Rua João Vaz Corte Real, situada num das margens do rio, no cruzamento com o Jardim da Alagoa e a Rua 5 de Outubro, rua esta que liga à Ponte Antiga Sobre o Rio Gilão (“Ponte Romana”), que ficou destruída com este acontecimento, tendo sido recuperada logo nos meses seguintes” (Santos, 2009).



3.2 – Metodologia para a cartografia de risco de cheia

O trabalho de investigação teve como base um conjunto de estudos de referência e bibliografia, sustentando-se todos na seguinte expressão:

$$\textit{Risco de ocorrência de cheia} = \textit{Probabilidade de ocorrência} \times \textit{Vulnerabilidade}$$

A probabilidade de ocorrência de cheia foi relacionada com os períodos de retorno de uma cheia, aplicando-se uma metodologia que foi desenvolvida pela Universidade do Algarve (UA) num trabalho efectuado para a câmara municipal de Tavira e outra metodologia desenvolvida com a ANPC, a ANPC_p. A vulnerabilidade foi relacionada com a população, os bens e serviços e ambiente presentes no território atingidos pela cheia com um dado período de retorno (10 e 100 anos) aplicando-se uma metodologia UA e ANPC_v.

Para a elaboração da metodologia da cartografia de risco de cheia utilizou-se o Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Plano de Emergência de Protecção Civil, da ANPC seguindo as quatro etapas de processo (situação de referência, identificação do risco, análise do risco e estratégias para mitigação de risco). Na figura 5 apresentou-se o processo de caracterização de risco de forma esquemática.

A situação de referência constitui a primeira etapa da metodologia e tem como objectivo introduzir as questões que se revelam de maior relevância na análise da zona de estudo. Nesta etapa a caracterização e a análise dos descritores mais importantes da área para a qual a avaliação do risco se encontra a ser desenvolvida e a forma como esta poderá ser afectada na sequência de um acidente grave ou catástrofe. Assim, a equipa de trabalho deve reflectir sobre os aspectos relevantes do território, considerando a situação actual e futura, abrangendo por exemplo, aspectos de enquadramento administrativo, extensão territorial, contexto histórico, patrimonial e cultural.

O tipo de dados a recolher nesta etapa terá como objectivo a caracterização física, socioeconómica e de infra-estruturas, sendo por isso conveniente estabelecer contactos com as entidades que possam fornecer informações relevantes para este processo. A caracterização física deve aportar os aspectos biofísicos, nomeadamente os relacionados com a orografia, geotecnia, sismicidade, clima (temperatura, precipitação, humidade relativa, vento, insolação, frequência de fenómenos adversos tais como o nevoeiro, queda de neve, geada ou granizo), recursos hídricos, qualidade do ar e uso do solo por exemplo.

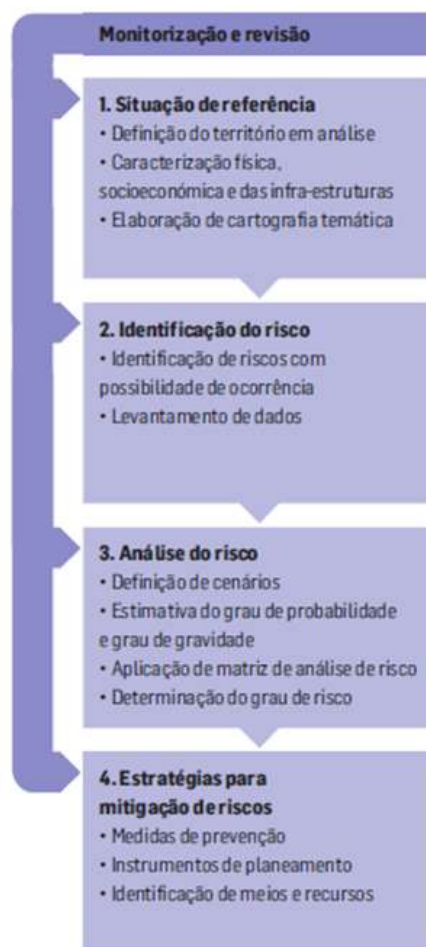


Figura 5 - Processo de caracterização do risco (ANPC, 2009)

A caracterização socioeconómica é feita a partir da análise das dinâmicas demográficas e económicas. As dinâmicas demográficas devem incluir a análise da população residente e flutuante por divisão administrativa, a densidade populacional, a estrutura etária e o número de alojamentos e edifícios. As dinâmicas económicas devem incluir a análise da estrutura económica, abordando o tecido empresarial e os sectores de actividade mais representativos na área territorial do plano.

A caracterização das infra-estruturas prende-se com a análise das estruturas que, pela sua importância numa operação de protecção civil, poderão ser consideradas sensíveis e/ou indispensáveis para a prevenção, planeamento e socorro. Como por exemplo, podem considerar-se a rede viária, telecomunicações, património e instalações dos agentes de protecção civil, entre outras. Depois da identificação e localização destas infra-estruturas, e após delimitação dos locais onde os riscos podem ocorrer, é possível planear, em função do tempo de resposta, a alocação de meios materiais e humanos em situação de emergência. Em termos de prevenção permite dotar os locais mais sensíveis com os meios de resposta necessários para minimizar a probabilidade de ocorrência e as respectivas consequências.

A cartografia destes temas é feita a partir dos dados de caracterização do território apresentados em tabelas e sob a forma de cartografia temática. Os elementos cartográficos devem incluir as referências cartográficas susceptíveis de serem utilizadas quer em fase de emergência quer em fase de reabilitação, incluindo cartas especializadas, como cartas geológicas, agrícolas, hidrológicas, zonas de risco de cheia, entre outras.

A informação a recolher nesta fase e a incluir na cartografia estão abaixo discriminados nas tabelas seguinte.

A tabela 3 apresenta as cartografias relacionadas as características geográficas, na tabela 4 encontramos as cartografias relacionadas com a caracterização socio-económica e na tabela 5, 6 e 7 relacionadas com a caracterização de infra-estruturas.

Tabela 3 – Caracterização geográfica (ANPC, 2009).

| Área temática | Descrição | Cartografia |
|-----------------------------|--|--|
| Características geográficas | Área (Km ²) | % rural |
| | | % urbana |
| | | % industrial |
| | | % florestal |
| | Rede hidrográfica | Barragens, açudes e represas |
| | | Comportas |
| | | Captações de água para abastecimento público |
| | | Nascentes e cursos de água |
| | | Albufeiras e lagoas |
| | Áreas protegidas, locais classificados | Conservação da natureza |
| | | Áreas protegidas |
| | | Rede Natura |

Tabela 4 – Caracterização Socio-económica (ANPC, 2009).

| Área temática | Descrição | Cartografia |
|------------------------|--|--|
| População | Caracterização demográfica Faixas etárias População com mobilidade reduzida População presente População residente | Distrito/Concelho/Freguesia Lugares; localidades Zonas residenciais Zonas comerciais Áreas com elevada ocupação populacional |
| Actividades económicas | Descrição das principais actividades económicas Inventariação das unidades industriais | Turismo Indústria Agricultura |

Tabela 5 – Caracterização de infra-estruturas (ANPC, 2009)

| Área temática | Descrição | Cartografia |
|---|--|--|
| Património | Caracterização das principais tipologias construtivas Nº de pavimentos | Património cultural |
| | | Património arqueológico |
| | | Centros históricos |
| | | Edifícios de grande altura |
| | | Edifícios degradados |
| | | Unidades hoteleiras |
| Infra-estruturas urbanas - - abastecimento de água | Referência à entidade gestora Caracterização da rede de abastecimento e captações | Captações de água |
| | | ETA e redes |
| | | Drenagem e efluentes |
| | | ETAR |
| | | Adutoras |
| Infra-estruturas urbanas - RSU | | Aterros de RSU e RI |
| Equipamentos de utilização colectiva | Localização, áreas e volumetrias Principais acessos | Edifícios hospitalares e equipamentos de saúde |
| | | Centros de dia e lares de idosos |
| | | Edifícios e recintos escolares |
| | | Equipamentos culturais, desportivos e religiosos |
| Agentes de Protecção Civil | Localização das unidades Principais acessos | Quartéis de bombeiros |
| | | Polícia de Segurança Pública (PSP) |
| | | Guarda Nacional Republicana (GNR) |
| | | Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM) |
| | | Equipamentos de segurança pública |
| | | Equipamentos de protecção civil |
| | | Cruz Vermelha Portuguesa (CVP) |

Tabela 6 – Caracterização de infra-estruturas (ANPC, 2009)

| Área temática | Descrição | Cartografia |
|-------------------------------|---|--|
| Equipamentos de defesa | Localização e áreas | Instalações militares |
| Infra-estruturas rodoviárias | Identificação das principais vias existentes | Auto-Estradas (AE) / Itinerários Principais (IP) / Itinerários Complementares (IC) |
| | Identificação de pontos negros | Estradas Nacionais (EN) / Estradas Regionais (ER) / Estradas Municipais (EM) |
| | Trajectos utilizados no transporte de matérias perigosas | Rede viária urbana |
| | | Pontes/ viadutos/ túneis |
| | | Interfaces de transporte |
| | | |
| Infra-estruturas ferroviárias | Identificação das principais vias existentes | Vias ferroviárias |
| | | Estações ferroviárias |
| | Identificação de zonas de acumulação de sinistralidade grave pontos negros e de zonas susceptíveis a colisões | Pontes/ viadutos/ túneis |
| | | Passagens de nível |
| | | Metropolitano |
| | Estimativa de passageiros e mercadorias transportados | Linhas subterrâneas |
| Transporte marítimo e fluvial | Descrição das características relevantes das áreas portuárias | Portos marítimos/fluviiais |
| | | Cais fluvial |
| | | Marinas de recreio |
| | Referência ao transporte de passageiros e mercadorias | Esporões |
| | | Eclusas fluviais |
| Transporte aéreo | Áreas que se encontrem nas zonas de aproximação ou de descolagem de aeronaves | Aeroportos/aeródromos/heliportos |
| | | Bases aéreas militares |
| | Incluir a delimitação de servidão aeronáutica | |

Tabela 7 – Caracterização de infra-estruturas (ANPC, 2009)

| Área temática | Descrição | Cartografia |
|-----------------------------------|---|---|
| Comunicações | Localização de estruturas | Antenas de recepção e retransmissão (rádio, TV/ imagem, telefones) |
| | | Centrais de comutação |
| | | Rede de comunicações de emergência |
| | | Telecomunicações |
| | | Rede fixa de telefone |
| Energia e combustíveis | Localização de estruturas e condutas | Centrais termoeléctricas / geotérmicas / hidroeléctricas / biomassa |
| | | Centrais fotovoltaicas |
| | | Oleodutos e gasodutos |
| Rede de gás | Caracterização | Rede de gás natural |
| | Localização de estações de pressurização e condutas | Estações de serviço (combustíveis) |
| Rede eléctrica | Detalhes relevantes | Redes de alta e muito alta tensão |
| | Infra-estruturas críticas | Localização das estruturas de distribuição |
| | Localização das estruturas de distribuição | Rede eléctrica |
| | | Geradores eólicos |
| | | Subestações |
| | | Postos de transformação |
| Áreas industriais e armazenamento | Inventariação | Parques industriais |
| | Descrição das características relevantes | Indústrias pirotécnicas e de explosivos |
| | | Estabelecimentos Seveso |
| | Localização, áreas | Armazéns industriais |
| | Principais vias de acesso | Plataformas logísticas |

A segunda etapa de processo de caracterização do risco, identificação do risco, tem por objectivo localizar e registar as características dos principais riscos com possibilidade de ocorrência de cheia no território em análise. No âmbito do planeamento de emergência de protecção civil, o risco foi definido como a probabilidade de ocorrência de um processo (ou acção) perigoso/a e respectiva estimativa das suas consequências sobre as pessoas, bens e ambiente.

Nesta etapa, as entidades responsáveis pela elaboração dos Planos de emergência de Protecção Civil deverão listar os riscos potenciais, recorrendo a levantamento de dados de campo (por exemplo, a cartografia dos locais inundados na última cheia), a registos históricos ou a estudos científicos. A caracterização do perigo e do risco deve ser consistente com os dados disponíveis, e ser suficientemente vasta para incluir um intervalo de opções que permita a redução do risco.

Depois de concluída a identificação dos riscos susceptíveis de afectar o território, é necessário efectuar a análise dos riscos considerados significativos para a definição de medidas de prevenção, protecção e socorro.

Na terceira etapa, análise do risco, cada entidade deverá proceder ao registo de cada risco identificado, mantendo desta forma actualizada a informação relativa aos riscos e respectiva gravidade e probabilidade. A probabilidade foi definida como potencial/frequência de ocorrência com consequências negativas para a população, ambiente e socioeconomia. A gravidade foi definida como as consequências de um evento, expressas em termos de escala de intensidade das consequências negativas para a população, bens e ambiente. Associado ao grau de gravidade está o conceito de vulnerabilidade, a qual pode ser definida como o potencial para gerar vítimas, bem como perdas económicas para os cidadãos, empresas ou organizações, em resultado de uma dada ocorrência. Nesta etapa definem-se cenários e aplica-se uma matriz de análise de risco. Um cenário é uma representação simplificada da realidade com a função de ajudar a compreender os problemas e a gravidade dos mesmos. Num plano de emergência os cenários destinam-se a descrever a progressão hipotética das circunstâncias e dos eventos, visando ilustrar as consequências dos impactos, mas especialmente a concepção das decisões e das operações de emergência. A construção de cenários deve ser realizada para os riscos identificados previamente, tendo em conta os potenciais impactos de uma situação potenciadora de um acontecimento não desejável.

Deve ponderar-se uma multiplicidade de factores na selecção da lista de cenários, os quais devem ser escolhidos de forma a testar a dimensão da resposta e os recursos necessários, em termos de quantidade, qualidade e oportunidade. É importante levar em consideração o potencial para a escalada de um evento ou o “Efeito Dominó” quando combinado com outros perigos.

Os cenários deverão ser representados com recurso a cartas ou esquemas, de modo a constituírem uma visão global e a identificação e gestão eficiente das áreas prioritárias de intervenção. A matriz de risco baseia-se no grau de gravidade e de probabilidade associados ao risco em análise. Com base nos cenários escolhidos e nos elementos identificados na situação de referência, deverá ser estimado o grau de gravidade associado à ocorrência de cada cenário considerado no âmbito da caracterização de risco.

Os critérios para a definição dos vários graus de gravidade são apresentados na tabela 8. Na tabela 9 são indicados os critérios para a definição dos graus de probabilidade, identificando o grau de risco associado: Extremo, Elevado, Moderado ou Baixo.

A quarta e última etapa, estratégias para a mitigação de riscos, considera a mitigação de risco como qualquer acção sustentada para reduzir ou eliminar os riscos a longo prazo para as pessoas e os bens, dos perigos e os seus efeitos. A legislação, nacional ou aplicável ao território em causa, é um dos primeiros instrumentos para a mitigação de riscos, existindo diplomas legais, normas e regulamentos que suportam medidas e posturas municipais. Por outro lado, a adopção de projectos ou de programas integrados destinados a diminuir os riscos e as vulnerabilidades do território é fundamental para que se obtenham resultados na eliminação ou na redução da possibilidade de ocorrência ou dos efeitos que possam eventualmente resultar de acidente grave ou catástrofe. As estratégias para mitigação de risco incluem diversos instrumentos como, por exemplo, a implementação de medidas no âmbito do ordenamento do território. Estas poderão ser consideradas como instrumentos de mitigação do risco através da regulação das áreas de risco ou da previsão de requalificação dessas áreas. Outras medidas podem ser a implementação de sistemas de alerta e aviso; sensibilização da população; ou a elaboração de planos de emergência de protecção civil.

Tabela 8 – Graus de gravidade (ANPC, 2009)

| Classificação | Impacto | Descrição |
|---------------|---------------|---|
| Residual | População | Não há feridos nem vítimas mortais. Não há mudança/retirada de pessoas ou apenas de um número restrito, por um período curto (até 12 horas). Pouco ou nenhum pessoal de apoio necessário (não há suporte ao nível monetário nem material). Danos sem significado. |
| | Ambiente | Não há impacto no ambiente. |
| | Socioeconomia | Não há ou há um nível reduzido de constrangimentos na comunidade. Não há perda financeira. |
| Reduzida | População | Pequeno número de feridos mas sem vítimas mortais. Algumas hospitalizações e retirada de pessoas por um período inferior a 24 horas. Algum pessoal de apoio e reforço necessário. Alguns danos. |
| | Ambiente | Pequeno impacto no ambiente sem efeitos duradouros. |
| | Socioeconomia | Disrupção (inferior a 24 horas). Alguma perda financeira. |
| Moderada | População | Tratamento médico necessário, mas sem vítimas mortais. Algumas hospitalizações. Retirada de pessoas por um período de 24 horas. Algum pessoal técnico necessário. Alguns danos. |
| | Ambiente | Pequeno impacto no ambiente sem efeitos duradouros. |
| | Socioeconomia | Alguma disrupção na comunidade (menos de 24 horas). Alguma perda financeira. |
| Acentuada | População | Número elevado de feridos e de hospitalizações. Número elevado de retirada de pessoas por um período superior a 24 horas. Vítimas mortais. Recursos externos exigidos para suporte ao pessoal de apoio. Danos significativos que exigem recursos externos. |
| | Ambiente | Alguns impactos com efeitos a longo prazo. |
| | Socioeconomia | Funcionamento parcial da comunidade com alguns serviços indisponíveis. Perda significativa e assistência financeira necessária. |
| Crítica | População | Grande número de feridos e de hospitalizações. Retirada em grande escala de pessoas por uma duração longa. Significativo número de vítimas mortais. Pessoal de apoio e reforço necessário. |
| | Ambiente | Impacte ambiental significativo e ou danos permanentes. |
| | Socioeconomia | A comunidade deixa de conseguir funcionar sem suporte significativo. |

Tabela 9 – Graus de risco (ANPC, 2009)

| Probabilidade | Descrição |
|----------------------|--|
| Elevada | É expectável que ocorra em quase todas as circunstâncias; E ou nível elevado de incidentes registados; E ou fortes evidências; E ou forte probabilidade de ocorrência do evento; E ou fortes razões para ocorrer; Pode ocorrer uma vez por ano ou mais. |
| Média-Alta | Irá provavelmente ocorrer em quase todas as circunstâncias; E ou registos regulares de incidentes e razões fortes para ocorrer; Pode ocorrer uma vez em cada cinco anos. Pode ocorrer uma vez em períodos de 5-10 anos. |
| Média | Poderá ocorrer em algum momento; E ou com uma periodicidade incerta, aleatória e com fracas razões para ocorrer; Pode ocorrer uma vez em cada 20 anos. Pode ocorrer uma vez em períodos de 20-50 anos. |
| Média-Baixa | Não é provável que ocorra; Não há registos ou razões que levem a estimar que ocorram; Pode ocorrer uma vez em cada 100 anos. |
| Baixa | Poderá ocorrer apenas em circunstâncias excepcionais. Pode ocorrer uma vez em cada 500 anos ou mais. |

Na presente dissertação a primeira etapa, situação de referência, não foi desenvolvida, pois a caracterização física, socio-económica e das infra-estruturas foram cartografias temáticas já realizadas na ANPC. A partir da cartografia temática foi possível desenvolver a metodologia de classe de vulnerabilidade de risco de cheia, a metodologia ANPC_v, na qual foram utilizados as cartografias temáticas desenvolvidas pela ANPC.

A segunda etapa refere-se à identificação do risco de cheia que é um risco de categoria natural, e resulta do funcionamento dos sistemas naturais. A cidade de Tavira é inundada através de elevada precipitação e/ou com a elevação do nível do mar. O levantamento de dados de campo, para o caso de estudo de Tavira inclui a identificação das duas marcas de cheias encontrados na rua João Vaz Corte – Real num posto de transformação, onde se identifica a maior cheia histórica ocorrida em 3 de Dezembro de 1989 e uma outra ocorrida em 22 de Dezembro de 2000.

A terceira etapa, análise do risco, teve como princípio a identificação dos riscos de cheia na zona em estudo. O risco está associado ao grau de probabilidade de ocorrência e ao grau de gravidade/vulnerabilidade. O grau de probabilidade de ocorrência de uma cheia foi definido com dois períodos de retorno (10 e 100 anos) e o grau de gravidade como as consequências da ocorrência de uma cheia associada a um dado período de retorno. A presente dissertação desenvolveu esta etapa de análise de risco, comparando metodologias diferentes. Esta etapa inclui ainda a definição de cenários, que na presente dissertação não foi desenvolvida, pois destina-se a descrever a progressão hipotética

das circunstâncias e dos eventos, visando ilustrar as consequências dos impactos, em especial a concepção das decisões e das operações de emergência, num plano de emergência. Nesta dissertação foi focada a melhoria da cartografia de risco de cheia, de forma a poder melhorar os cenários e criar medidas de prevenção capazes de mitigar os riscos ocorridos numa situação de cheia.

A quarta etapa, estratégias para a mitigação, não foi desenvolvida na presente dissertação, mas a partir da melhoria da cartografia de risco de cheia, irá ocorrer uma melhoria de estratégias não só na prevenção como na mitigação. Com uma melhoria da carta de risco de cheia é possível criar um plano de emergência eficaz na sua actuação e criar medidas de prevenção territorial.

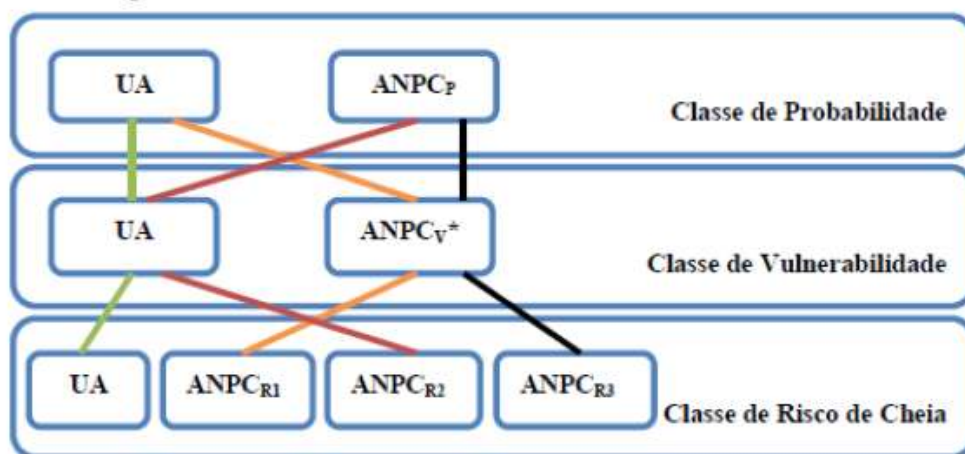
A carta de risco de cheia é elaborada a partir da junção da carta de classe de probabilidade de ocorrência de uma cheia com a carta de classe de vulnerabilidade.

No que se refere à metodologia da classe de probabilidade de ocorrência de uma cheia, foram aplicadas duas metodologias, uma desenvolvida num trabalho realizado para a CMT pela Universidade do Algarve, a que denominamos UA e outra desenvolvida em conjunto com a ANPC, a que denominamos ANPC_P.

Na metodologia da classe de vulnerabilidade de ocorrência de uma cheia também foram aplicadas duas metodologias, uma desenvolvida num trabalho realizado pela Universidade do Algarve, a UA e a outra desenvolvida pela ANPC, denominada por ANPC_V. Na metodologia da ANPC_V realizou-se uma análise de valorização, isto é, construiu-se duas cartas de classe de vulnerabilidade com uma análise de importância diferenciada para os diversos factores: uma carta de classe de vulnerabilidade dando uma maior importância ao sector económico e outra carta de classe de vulnerabilidade dando uma maior importância à componente social. Desta análise de valorização extraiu-se a carta de classe de vulnerabilidade que melhor descreve o território em estudo.

Das metodologias utilizadas anteriormente, foi possível construir quatro cartas de risco de cheia como observamos na figura 6.

Seguidamente, apresenta-se os passos metodológicos utilizados para cada metodologia, diferenciando a metodologia de classes de probabilidade de ocorrência de uma cheia e as classes de vulnerabilidade de ocorrência de cheia. Depois da explicação de cada metodologia foram construídas as quatro cartas de risco de cheia, com os cruzamentos representados na figura 6.



*Realizou-se uma análise de valorização para a classe de vulnerabilidade da metodologia ANPC, construindo-se duas análises de importância, uma valorizando a parte económica e outra valorizando a parte social, escolhendo-se aquela que melhor se ajusta ao caso de estudo.

Figura 6 – Esquema das metodologias desenvolvidas para a cartografia de cheia.

3.3 – Probabilidade de ocorrência de uma cheia

A probabilidade corresponde aos períodos de retornos associados à cheia que pode ou não estar conjugada com alturas de água atingidas nesse período de retorno. Para a elaboração de uma metodologia de probabilidade de ocorrência de cheia, pelo Decreto-Lei nº 115/2010 de 22 de Outubro de 2010, devem ser determinadas precipitações, caudais e marcas de cheias, associados a fenómenos extremos, de preferência registadas na zona identificada para análise com a sua informação topográfica, com uma maior precisão poderá determinar-se a partir de modelação hidrológica. A metodologia da Universidade do Algarve é realizada a partir da modelação hidrológica enquanto a metodologia da ANPC_p utiliza as marcas de cheias. A metodologia da Universidade do Algarve baseou-se num trabalho de modelação hidrológica que envolveu trabalho de campo, a fim de detalhe, mas não transpôs em ambiente ArcGis as alturas de água associadas aos períodos de retorno. A metodologia da ANPC_p utilizou uma metodologia mais simples, utilizou as marcas de água, situadas na rua João Vaz Corte-Real, na cidade de Tavira e utilizou o DTM disponível com uma resolução de 30 por 30 metros, com alturas de cota de um em um metro e através da ferramenta ArcGis delimitou uma área crítica, a zona central de Tavira, com um raio de mil e quinhentos metros, e desenhou áreas de cheias. A metodologia da ANPC_p contém alguns erros, limitações causadas pelo fraco DTM utilizado, mas introduz a variável altura de água, que não foi utilizada pela metodologia da Universidade do Algarve.

3.3.1 – Metodologia da Universidade do Algarve

A metodologia UA foi desenvolvida para a CMT (Coelho, 2009). Segundo esta, a probabilidade é calculada através de estudos hidrográficos realizados por Lança e Rocheta, 2007, com ferramentas de detecção remota (ArcGis) e de modelação hidrológica (HEC-RAS) seguindo em linhas gerais os seguintes passos:

- i. Identificação das linhas de água que potenciam a ocorrência de cheias e levantamento no local das condições de drenagem;
- ii. Levantamento no local das dimensões das passagens hidráulicas existentes;
- iii. Levantamento no local das secções transversais dos leitos das linhas de água, complementado com cartografia à escala 1/1000;
- iv. Identificação das bacias hidrográficas com base em cartografia à escala 1/25000, complementada com cartografia à escala 1/1000 na zona do plano pormenor;
- v. Estudo hidrológico com vista à obtenção de caudais das cheias associadas a períodos de retorno de 10 anos e 100 anos para as várias bacias e sub-bacias hidrográficas.
- vi. Modelação hidrodinâmica do escoamento nas linhas de água incluindo o efeito de obstrução das diversas passagens hidráulicas para períodos de retorno de 10 anos e 100 anos. Para este cálculo utilizou-se o software HEC-RAS (Hidrologic Engineering Center – River Analysis System);
- vii. Delimitação à escala 1/1000 das áreas inundáveis para 10 anos e 100 anos;
- viii. Dimensionamento hidráulico das linhas de água após reperfilamento do perfil longitudinal e alargamento das secções transversais;
- ix. Modelação hidrodinâmica do escoamento nas linhas de água após reperfilamento do perfil longitudinal e alargamento das secções transversais para períodos de retorno de 10 anos e 100 anos. Para este cálculo utilizou-se o software HEC-RAS;
- x. Delimitação à escala 1/1000 das áreas inundáveis para 10 anos e 100 anos após as intervenções nas linhas de água (Lança e Rocheta, 2008);

Definidas as áreas de cheias, a metodologia propõe a construção de uma tabela com classes de probabilidade de ocorrência de cheia e os respectivos pesos (tabela 10), que estão relacionados com os períodos de retorno de 10 e 100 anos.

As cartas de risco de cheias são uma sobreposição de dois factores, a carta de classe de probabilidade com a carta de classe de vulnerabilidade, foi então necessário atribuir pesos as classes de probabilidade para conseguir obter as classes de risco de cheia. Os pesos são atribuídos de forma nominal.

Tabela 10 – Classe de probabilidade e pesos atribuídos (Coelho, 2009).

| Probabilidade | Peso | Descrição |
|---------------|------|--|
| Média | 2 | Probabilidade associada ao período de retorno de 100 anos, cheias pouco frequentes |
| Elevada | 3 | Probabilidade associada ao período de retorno de 10 anos, cheias frequentes |

3.3.2 – Metodologia da ANPC_P

A metodologia da ANPC_P para apurar a probabilidade de ocorrência de cheia foi inspirada a partir do Decreto-Lei 258/2007 de Múrcia, Espanha. Neste, a probabilidade de ocorrência de cheia está relacionada com os períodos de retorno e alturas de água atingidas, em centímetros, como podemos visualizar na tabela 11:

Tabela 11 – Pesos atribuídos para a probabilidade com períodos de retorno, Decreto-Lei 258/2007

| Coluna de água (cm) | Período de retorno (anos) | | | |
|------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|-------|
| | <25 | Entre 25 e 100 | Entre 100 e 500 | >500 |
| | Pesos | Pesos | Pesos | Pesos |
| >80 | 3 | 2 | 2 | 0 |
| Entre 40 e 80 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| Entre 10 e 40 | 2 | 2 | 1 | 0 |

No caso de estudo da cidade de Tavira teve-se de recorrer a alturas de águas atingidas pelas cheias com períodos de retorno de 10 e 100 anos, isto foi possível através das marcas de cheias encontradas na cidade de Tavira. As alturas de água para a cidade de Tavira foram diferentes dos valores utilizados na tabela 11. Para a realização desta metodologia foi necessário georeferenciar um posto de transformação (PT), na rua João Vaz Corte-Real, com a indicação das alturas de água atingidas para a maior cheia da cidade, a cheia de 1989 que atingiu dois metros e cinquenta centímetros e outra cheia ocorrida em 2000 que atingiu um metro. Perante os dados de marcas de cheias obtidas no PT, foi possível associar alturas de água com períodos de retorno. Para a marca de maior cheia histórica atingida na cidade, a cheia de 1989, foi estipulada a altura de água atingida com um período de retorno de 100 anos e para a cheia atingida em 2000, cheia de menor dimensão, estipulou-se a altura de água atingida para um período de retorno de 10 anos. Nas figuras 7,8 e 9 estão representadas as marcas de cheias de 1989 e 2000. A associação das alturas de água com períodos de retorno permitiu obter duas classes de probabilidade: média e elevada, diferenciando as áreas de cheia, em relação à metodologia da Universidade do Algarve que apenas têm uma classe de probabilidade para toda a área para um

dado período de retorno e não valorizando áreas á qual o risco de cheia é maior devido á altura que pode atingir.



Figura 7 – Altura atingida da cheia de 1989 em Tavira (2,5 metros de altura) – Posto de Transformação (SANTOS, 2011).



Figura 8 – Altura atingida da cheia de 2000 em Tavira (1 metro de altura) – Posto de Transformação (SANTOS, 2011).



Figura 9 – Posto de Transformação em Tavira, com as duas alturas de água atingida no ano 1989 e 2000 (SANTOS, 2011).

A partir dos valores de alturas de água atingidas para as duas cheias foi possível construir a tabela que relaciona a probabilidade de ocorrência de cheia aos períodos de retorno com alturas de água atingidas em metros, como podemos ver na tabela seguinte:

Tabela 12 – Pesos atribuídos à probabilidade associada a períodos de retorno e alturas de água.

| Altura de água (metros) | Peso e classe para um período de retorno de 10anos | Peso e classe para um período de retorno de 100 anos |
|------------------------------------|---|---|
| <1 | 2 – Média | |
| ≥1 | 3 – Elevada | |
| <2 | | 2 – Média |
| ≥2 | | 3 – Elevada |

As cartas de classe de probabilidade de ocorrência de cheia para os períodos de retorno de 10 e 100 anos foram estimadas para um raio de 1500 metros à volta do posto de transformação. Este raio de 1500 metros foi estimado de forma a restringir a área afectada pelas cheias, a zona central da cidade de Tavira junto as margens do rio Gilão.

3.4 – Vulnerabilidade de ocorrência de uma cheia

A vulnerabilidade está associada ao grau de gravidade, que pode ser definida como o potencial para gerar vítimas, bem como perdas económicas para os cidadãos, empresas ou organizações, em resultado de uma dada ocorrência. A vulnerabilidade é calculada pelo grau de perda dos bens a proteger através de indicadores, isto é, em função de cada indicador é atribuído um dado peso, conforme a sua classificação (diferente entre as duas metodologias estudadas). Foram usadas duas metodologias de vulnerabilidade de ocorrência de uma cheia, que se descrevem a seguir:

3.4.1 – Metodologia da Universidade do Algarve

A vulnerabilidade de ocorrência de uma cheia efectuada a partir desta metodologia teve por base quatro indicadores e cada indicador foi avaliado em três graus de exposição ou classe de vulnerabilidade. As três classes foram: 1 – Baixa, 2 – Média e 3 – Alta. Na tabela seguinte encontra-se os indicadores usados e os respectivos pesos.

Tabela 13 – Indicadores e classes de vulnerabilidade (Coelho, 2009).

| Indicadores | Classes de vulnerabilidade | | |
|---|--|-----------------|--|
| | Baixa | Média | Elevada |
| 1.Densidade populacional (hab/km²) | <1000 | [1000-3000] | >3000 |
| Peso | 1 | 2 | 3 |
| 2.Tipo de actividade económica afectada | Terrenos Incultos, Improdutivos e Áreas Florestais | Áreas agrícolas | Áreas residenciais, comerciais e industriais |
| Peso | 1 | 2 | 3 |
| 3. Tipo de Património natural afectado | MN+PP* | Pn+Rn+PP* | RMR+PN+Pn* |
| Peso | 1 | 2 | 3 |
| 4.Tipo de Património cultural afectado | IIM* | IIP+IIM* | PM+MN* |
| Peso | 1 | 2 | 3 |
| 5. N° e extensão Zonas Sensíveis (Directiva Substâncias Perigosas) | 1 | 2 | 3 |
| 6. N° e extensão Zonas Vulneráveis (Directiva Nitratos) | 1 | 2 | 3 |

*Categorias: Monumento Natural (MN); Paisagem Protegida (PP); Reserva Natural (Rn); Parque Nacional (PN); Parque natural (Pn) Rede Mundial de Reservas da UNESCO (RMR).

*Categoria: Imóveis Interesse Municipal (IIM); Imóveis de Interesse Público (IIP); Património Mundial (PM); Monumento Nacional (MN)

O quinto indicador da tabela 13 é relativo às zonas sensíveis, enquadrada pela Directiva Substâncias Perigosas – Directiva 76/464/CEE. A Directiva transporta para o Direito Nacional pelo DL 236/98 de 1 de Agosto, definindo uma rede básica de monitorização das substâncias constantes da Lista I e Lista II da referida Directiva, tanto a nível da água, como do biota e sedimentos, permitiu de forma expedita avaliar a contaminação. No SNIRH observou-se a existência de monitorização para as substâncias perigosas em Portugal, mas visto nenhuma destas zonas de monitorização estarem incluídas na zona em estudo, o indicador nº5 não foi considerado.

O último indicador da tabela 13 refere-se as zonas vulneráveis, enquadrada pela Directiva Nitratos e é relativo à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola. A Directiva Nitratos transporta para a ordem jurídica interna, na redacção dada pelo Decreto-Lei nº68/99, de 11 de Março, visa reduzir a poluição das águas causada ou induzida por nitratos de origem agrícola e impedir a propagação da referida poluição. Numa pesquisa ao site da Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, foi possível aceder a um mapa das zonas vulneráveis em Portugal Continental cujo critério de identificação foi as águas subterrâneas que contenham ou possa vir a conter mais do que 50 mg/l de nitratos. A zona em estudo não foi referida como zona vulnerável na Directiva de Nitratos, não sendo assim utilizado o indicador nº6.

Assim, apenas foram utilizados os quatro primeiros indicadores da tabela 13 para a realização da carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia. As classes de vulnerabilidade segundo esta metodologia foram calculadas a partir da soma dos indicadores como representadas na tabela seguinte.

Tabela 14 – Classes de Vulnerabilidade (Coelho, 2009)

| Classe de vulnerabilidade | Pesos |
|---------------------------|------------------------|
| Baixa | ≤ 4 |
| Média | $>4 \text{ e } \leq 8$ |
| Elevada | >8 |

3.4.2 Metodologia da ANPC_v

A metodologia da ANPC_v foi desenvolvida a partir do guia para a caracterização de risco, no âmbito da elaboração de planos de emergência de protecção civil (ANPC, 2009). Assim a presente metodologia utilizou oito indicadores (densidade populacional, densidade jovem, densidade idosa, vias de comunicação, sector económico, protecção civil, património natural e património cultural) e foi avaliada em três classes de vulnerabilidade (baixa, média e elevada), conforme está descrito na tabela 15. As três classes de vulnerabilidade (baixa, média e elevada) caracterizadas com os pesos de 1 a 3, justificando a sua distribuição, têm-se para cada indicador as seguintes classes:

- População: dividiu-se a população por densidade total da população, densidade da população jovem (idades inferiores a 14 anos) e densidade da população idosa (idades superiores a 65 anos). O indicador População foi escolhido pela sua relevância em estudo de análise de risco de cheia. Na metodologia proposta pela ANPC, foi dado relevância a duas classes de população mais vulneráveis em situação de cheia, a população jovem (<14anos) e a população idosa (>65anos). Assim, foi necessário calcular a população de jovens e idosos presente na área em estudo, a partir dos dados dos censos 2001. Quando efectuado o somatório da população jovem e da população idosa, calculou-se as densidades populacionais jovens e

idosas. Para a determinação das três classes de classificação para os três indicadores de população foram utilizados o método Natural Breaks (ArcGis) do geógrafo George F. Jenks, que se dedicou ao estudo de métodos de representação de dados geográficos. A classificação segundo o método Natural Breaks, determina o melhor arranjo dos valores em classes, através da comparação da soma do quadrado das diferenças dos valores de uma dada classe em relação à média da respectiva classe. A classificação minimiza numa dada classe a soma do quadrado dos valores dessa classe, encontrando-se desta forma o melhor ponto de quebra ou separação entre classes no conjunto de dados relativamente semelhantes. Esta técnica, começa por ordenar os valores por ordem crescente, calculando em seguida a soma do quadrado das diferenças para vários conjuntos de possíveis quebras de intervalos de classes, guardando os intervalos com os melhores valores obtidos, resultando no melhor conjunto de classes possíveis tendo em conta todo o conjunto de dados (JENKS, George F., 1963). A partir deste método, os intervalos obtidos para os indicadores densidade populacional, densidade populacional jovem e densidade populacional idosa foram diferentes conforme os dados da amostra utilizada, sendo que o peso 1 é sempre atribuído à classe de valores mais baixos e o peso 3 a classe de valores mais altos.

- As Vias de Comunicação foram distinguidas por três classes: as Estradas Municipais (EM) e ruas tiveram um peso 1; as Estradas Nacionais (EN) foram atribuídas o peso 2, os Itinerários Principal (IP), os Itinerários Complementares (IC), as Auto-Estradas (AE) e ferrovias terão um peso 3.
- O Sector económico foi classificado em três classes: o sector primário que abrange as actividades ligadas à natureza, como a agricultura, a silvicultura, as pesca, a pecuária, a caça ou as indústrias extractivas teve uma classificação de peso 1, classe de vulnerabilidade baixa. O sector secundário que centraliza-se nas actividades industriais transformadoras, a construção, a produção de energia foi-lhe atribuído um peso de 2 que representa a classe de vulnerabilidade média. O sector terciário ligado ao comércio que abrange comércio, transportes, actividades financeiras e turismo, terá um peso 3 que representa uma classe de vulnerabilidade elevada. Esta classificação foi baseada em dados divulgados pelo INE (Instituto Nacional de Estatística) que demonstram uma realidade económica cada vez mais centrada no sector terciário, onde a indústria do turismo tem um papel preponderante, potenciando o efeito de alavanca em outras actividades, bem como um aumento do emprego e da qualidade de vida da população (CMT, 2010d).
- A Protecção Civil foi classificada em três classes: os Agentes de Protecção Civil e os Serviços de Saúde foram distinguidos com o peso 3 que corresponde à uma classe de vulnerabilidade elevada; as instalações camarárias incluindo mercados, repartições, instalações das Juntas de Freguesia, a EDP (Energia De Portugal), PT (Portugal Telecom) e Serviços de Água serão

dados um peso de 2 que corresponde à uma classe de vulnerabilidade média; o restante território terá um peso de 1 que corresponde à classe de vulnerabilidade baixa.

- O Património Natural foi classificado com três classes: na presença de Rede Mundial de Reservas da UNESCO (RMR) e/ou Parque Nacional (PN) classificou-se com o peso 3, classe de vulnerabilidade elevada, na existência de um Parque Natural e/ou Reserva Natural e na presença de Paisagem Protegida a classificação foi de 2, classe de vulnerabilidade média e a classificação de 1 que corresponde à classe de vulnerabilidade baixa foi atribuída na ausência de património natural.
- Património Cultural foi classificado em três classes: o Património Mundial (PM) e os Monumentos Nacionais (MN) com o peso 3 que representa a classe de vulnerabilidade elevada; os Imóveis de Interesse Público (IIP) e os Imóveis de Interesse Municipais (IIM) com o peso 2 que representa a classe de vulnerabilidade média e na ausência de Património Cultural a classificação foi de 1, classe de vulnerabilidade baixa. Esta classificação foi possível a partir do site da CMT que descreve o conjunto de património cultural existente no concelho, para a classificação em três classes e com a ajuda do SIG online da CMT foi possível localiza-los (CMT, 2011).

Tabela 15 – Classe de Vulnerabilidade da metodologia ANPC_v

| Indicadores | Classes de Vulnerabilidade | | |
|------------------------------|----------------------------|-------|---------|
| | Baixa | Média | Elevada |
| | Peso | Peso | Peso |
| Densidade Populacional | 1 | 2 | 3 |
| Densidade Populacional Jovem | 1 | 2 | 3 |
| Densidade Populacional Idosa | 1 | 2 | 3 |
| Vias de Comunicação | 1 | 2 | 3 |
| Sector Económico | 1 | 2 | 3 |
| Protecção Civil | 1 | 2 | 3 |
| Património Natural | 1 | 2 | 3 |
| Património Cultural | 1 | 2 | 3 |

Para a conclusão da carta de classe de vulnerabilidade efectuou-se uma análise de valorização, dando importâncias diferentes aos indicadores. Realizou-se duas análises de valorização, a primeira análise valorizou-se mais o sector económico, dando maior importância a densidade populacional jovem, aos sectores económicos e as vias de comunicação e a segunda análise valorizando a componente social, dando maior importância a densidade populacional idosa e jovem, o sector da protecção civil e o património natural e cultural. A valorização atribuída (%) a cada indicador para cada uma das análises está apresentada na tabela 16.

A tabela 17 resulta da integração de todos os indicadores de vulnerabilidade tendo sido multiplicado o peso de cada um dos indicadores pela respectiva valorização.

Tabela 16 – Análise de importância: indicadores e importância atribuída as duas análises.

| Indicadores | Valorização do sector económico (%) | Valorização da componente social (%) |
|---|--|---|
| Densidade populacional | 10 | 10 |
| Densidade idosa | 5 | 30 |
| Densidade jovem | 25 | 15 |
| Sector Económico | 30 | 5 |
| Sector protecção civil | 5 | 15 |
| Vias de comunicação | 15 | 5 |
| Património Cultural | 5 | 10 |
| Património Natural | 5 | 10 |
| Soma ponderada dos indicadores | 100 | 100 |

Tabela 17 – Classe de Vulnerabilidade das duas análises de valorização.

| Classe de vulnerabilidade | Valores |
|----------------------------------|------------------------|
| Baixa | 1 |
| Média | $>1 \text{ e } \leq 2$ |
| Elevada | >2 |

Das duas análises de valorização estudadas, efectuou-se uma comparação entre elas, de forma a poder optar pela carta de classe de vulnerabilidade que transpõe a realidade vivida na cidade de Tavira. A

escolha da carta de classe de vulnerabilidade é efectuada antes do cruzamento com a carta de probabilidade de ocorrência de cheia. Apenas foi utilizada a área afectada pela cheia de forma a restringir a área em estudo. Depois da escolha da carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia cruzou-se a carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia, obtendo a carta de classe de risco de cheia.

Seguidamente, são descritas as quatro metodologias de carta de classe de risco de cheia usadas na presente dissertação (figura 6).

3.5 – Cartografia de risco de cheia

A cartografia de risco de cheia é realizada a partir da junção da carta de probabilidade de ocorrência de cheia com a carta de vulnerabilidade. As classes de risco de cheia para as quatro cartas de risco que foram desenvolvidas neste trabalho basearam-se na mesma metodologia de classificação, descrita na tabela 18.

Tabela 18 – metodologia de classificação para as classes de risco de cheia (Coelho, 2009)

| Classe de Risco de cheia | Descrição da classificação |
|--------------------------|--|
| Baixo | Áreas de P baixa e V baixa ou P média e V baixa ou P baixa e V média |
| Médio | Áreas de P média e V média ou P elevada e V baixa ou P baixa e V elevada |
| Elevado | Áreas de P e V elevadas ou P elevada e V média ou P média e V elevada |

P – probabilidade e V – vulnerabilidade

A partir da junção da classe de probabilidade de ocorrência de cheia e a classe de vulnerabilidade obteve-se uma escala de valores, sendo os valores obtidos classificados em três níveis de risco: baixo, médio e elevado. A construção das classes foi efectuada de forma equitativa, contudo foi tido em consideração a ponderação do risco de cheia, referida na tabela 19.

Tabela 19 – Ponderação do risco de cheia (Coelho, 2009)

| | | Vulnerabilidade | | |
|---------------|---------|-----------------|---------|---------|
| | | Baixa | Média | Elevada |
| Probabilidade | Baixa | Baixo | Baixo | Médio |
| | Média | Baixo | Médio | Elevado |
| | Elevada | Médio | Elevado | Elevado |

Metodologia UA

A metodologia UA para a obtenção da carta de classe de risco de cheia suporta-se no cruzamento da carta de probabilidade de ocorrência (tabela 10) e a carta de vulnerabilidade de ocorrência (tabela 17), ambas obtidas a partir da metodologia UA, como descritas anteriormente. As classes de risco obtidas estão descritas na seguinte tabela.

Tabela 20 – Classe de Risco de Cheia UA

| Classe de Risco | Valores |
|-----------------|------------------|
| Baixo | <12 |
| Médio | ≥ 12 e <24 |
| Elevado | ≥ 24 até 36 |

Metodologia ANPC_{R1}

A metodologia ANPC_{R1} para a obtenção da carta de risco de cheia baseou-se no cruzamento da carta de classe de probabilidade da metodologia UA (tabela 12) com a carta de vulnerabilidade da metodologia ANPC_V (tabela 14). Na tabela 21 estão representadas as classes de risco de cheia.

Tabela 21 – Classe de risco de cheia ANPC_{R1}

| Classe de Risco | Valores |
|-----------------|---------------|
| Baixo | <3 |
| Médio | ≥ 3 e <6 |
| Elevado | ≥ 6 |

Metodologia ANPC_{R2}

A metodologia ANPC_{R2} foi realizada a partir da carta de classe de probabilidade da metodologia ANPC_P (tabela 12) com a carta de classe de vulnerabilidade da metodologia UA (tabela 14). A classe de risco de cheia para esta metodologia foi a seguinte:

Tabela 22 – Classe de risco de cheia da metodologia ANPC_{R2}

| Classe de Risco | Valores |
|-----------------|-----------------|
| Baixo | <24 |
| Médio | ≥ 24 e <48 |
| Elevado | ≥ 48 |

Metodologia ANPC_{R3}

A metodologia ANPC_{R3} foi obtida a partir da carta de classe de probabilidade ANPC_p (tabela 12) com a carta de classe de vulnerabilidade da ANPC_v (tabela 17). A classe de risco de cheia obtida para esta metodologia foi a seguinte:

Tabela 23 – Classe de risco de cheia da metodologia ANPC_{R3}

| Classe de Risco | Valores |
|------------------------|-----------------|
| Baixo | <3 |
| Médio | ≥ 3 e <6 |
| Elevado | ≥ 6 |

4.Resultados e discussão

A presente dissertação tem o objectivo de construir diferentes cartas de risco de cheia para o caso de estudo de Tavira. As quatro cartas de risco de cheia derivadas da figura 6 foram construídas a partir das cartas de probabilidade de ocorrência de cheia e das cartas de vulnerabilidade, ambas derivadas de metodologias específicas, nomeadamente, da Universidade do Algarve (UA) e da Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC).

A partir do estudo feito pelo LNEC, carta de risco de cheia em Portugal, consideram um troço crítico de risco de cheia no rio Gilão, situado na zona central da cidade de Tavira. A zona de Tavira atingida pelas cheias está situada ao longo das margens do rio Gilão, onde se encontram maioritariamente a estrutura económica do sector terciário (comércio, serviços, alojamento e restauração) além de patrimónios culturais, históricos e a população. Como já referido anteriormente, o sector terciário é o sector mais importante do concelho, representando 61% da estrutura económica. Assim, é necessário realizar a cartografia de risco de cheia.

As duas metodologias usadas para a obtenção das cartas de classe de probabilidade de ocorrência de cheia em Tavira, mostraram diferenças significativas. Devido ao facto de utilizar-se a variável: alturas de água conjugada com os períodos de retorno na metodologia da ANPC_p.

Para as cartas de vulnerabilidade de cheia foram construídas usando a metodologia UA e a metodologia ANPC_v. Para a carta de vulnerabilidade da metodologia ANPC_v foram desenvolvidas duas de análise de valorização, uma em que se valoriza o sector económico e outra em que se valoriza a componente social. Antes da comparação entre as duas metodologias usadas para a carta de classe de vulnerabilidade, foi necessário escolher qual a carta de vulnerabilidade da metodologia ANPC_v a utilizar. A escolha da carta de vulnerabilidade foi feita a partir de dados estatísticos, sabendo que a cidade de Tavira atingida por cheia suporta infra-estruturas económicas importantes: comércio e serviços, pertencentes ao sector económico terciário mas que também abrange infra-estruturas de protecção civil, densidade populacional e patrimónios culturais e naturais. Foi efectuado então duas análises de importância, uma valorizando indicadores económicos e uma valorizando indicadores sociais. A escolha da carta de vulnerabilidade seria a carta mais conservativa. Depois de esta escolha, realizou-se a comparação das duas cartas de classe de vulnerabilidade obtidas com as metodologias adoptadas. Finalmente, as quatro cartas de risco de cheia foram comparadas verificando-se as semelhanças e diferenças entre metodologias.

4.1. Comparação das cartas de classes de probabilidade de ocorrência de cheia

A carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia obtida com a metodologia UA relaciona os períodos de retorno da cheia com a sua gravidade, ou seja, divide-se em duas classes: a classe elevada

(peso = 3) para um período de retorno de 10 anos e a carta de classe de probabilidade de ocorrência de classe média (peso = 2) para um período de retorno de 100 anos, apresentando-se ambas nas figuras 10 e 12 respectivamente.

A carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia da metodologia ANPC_p, em relação à metodologia UA, adiciona as alturas de águas da cheia associada ao seu período de retorno. Para períodos de retorno de 10 anos, com alturas de água inferiores a um metro, a classe de probabilidade é média (peso = 2) e para alturas superiores ou iguais a um metro a classe de probabilidade é elevada (peso = 3). Para períodos de retorno de 100 anos com alturas de água inferiores a dois metros a classe de probabilidade é média (peso = 2) e para alturas superiores ou iguais a dois metros a classe de probabilidade é elevada (peso = 3), como podemos observar nas figuras 11 e 13.

As figuras 10 e 11 demonstram algumas diferenças, podemos observar que na metodologia UA não há discriminação de classes no período de retorno de 10 anos, dando-se a mesma importância para toda a área de cheia, o que não corresponde à realidade vivida na cidade de Tavira, apesar que numa modelação hidrológica as alturas de água são calculadas, mas não foram utilizadas por esta metodologia. Na metodologia ANPC_p observamos que surge uma área afectada com classificação elevada, zonas em que a altura de água atingida foi superior ou igual a um metro.

As figuras 12 e 13 demonstram as mesmas diferenças, mas para um período de retorno de 100 anos, ou seja, para a metodologia UA, num período de retorno de 100 anos não há diferenças de classe de probabilidade em toda a área de cheia, o que demonstra que toda a área é afectada com uma classe de probabilidade média. Para a carta de classe de probabilidade de cheia com a metodologia da ANPC_p, observamos que surge uma área afectada com classe elevada, esta é justificada pelas cheias de maior dimensão (maior altura de água) que ocorrem num maior período de retorno (100 anos).

A carta de classe de probabilidade da metodologia UA classifica com maior peso a probabilidade à ocorrência de cheias que decorrem num período de retorno de 10 anos face à de 100 anos.

Uma vez que a metodologia ANPC_p foi realizada a partir da georeferênciação do posto de transformação, com as marcas de cheias atingidas pela cidade, foi possível verificar que, para períodos de retorno de 10 anos, existem áreas atingidas com alturas de água maiores do que outras, por exemplo, junto ao rio Gilão visualizamos uma classe de probabilidade elevada, que confere maior confiança à carta de probabilidade, aproximando-a à realidade.

Universidade Algarve - Carta de Probabilidade
Tavira - período de retorno 10 anos



Figura 10 – Carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia, para um período de retorno de 10 anos – metodologia UA

Carta de Probabilidade
Tavira - período de retorno de 10 anos



Figura 11 - Carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia, para um período de retorno de 10 anos – metodologia ANPC_p

Universidade Algarve - Carta de Probabilidade
Tavira - período de retorno 100 anos



Figura 13 – Carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia, para um período de retorno de 100 anos – metodologia ANPC_p

Carta de Probabilidade
Tavira - período de retorno de 100 anos



Figura 12 - Carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia, para um período de retorno de 100 anos – metodologia UA

Sendo a metodologia da ANPC_p baseada em alturas de água encontradas no posto de transformação, na cidade de Tavira, torna a metodologia com algumas fragilidades. Estas fragilidades são encontradas quando se associou as alturas a períodos de retorno, obtendo áreas não-contínuas e que poderão ser afectadas em situação de cheias. A obtenção desta carta permitiu saber que dentro das áreas com um dado período de retorno existem áreas com maior probabilidade de ocorrência que outras. A metodologia da UA teve uma elaboração mais detalhada, foi efectuada uma modelação hidrológica que envolve um trabalho de campo detalhado e a sua área foi contínua e detalhada, apenas não foi utilizada as alturas de água, variável que foi calculada para a realização da modelação mas que não foi utilizada na metodologia.

4.2 Comparação das cartas de classes de vulnerabilidade à cheia

Para efectuar a comparação entre as duas metodologias estudadas, a metodologia UA e ANPC_v, estudou-se primeiro a análise de valorização das duas cartografias de classe de vulnerabilidade da metodologia ANPC_v.

Nesta secção, efectuou-se duas análises de valorização da metodologia ANPC_v. A análise de valorização foi pensada para valorizar os indicadores utilizados, pois na metodologia anterior, UA, os indicadores utilizados têm todos a mesma importância. No território, as infra-estruturas sociais, económicas e ambientais não têm a mesma relevância em situação de alerta as cheias.

4.2.1 Análise de valorização da metodologia ANPC_v

Como referido no capítulo anterior, foi realizada uma análise de valorização da carta de classe de vulnerabilidade obtida com a metodologia ANPC_v, privilegiando-se o sector económico e a componente social. Nas figuras 14, 15, 16 e 17 estão representadas as duas cartas de vulnerabilidade, para as áreas de períodos de retorno de 10 e 100 anos, respectivamente.

Para a área de retorno de 10 e 100 anos observa-se uma elevada vulnerabilidade (peso = 3) na zona central da cidade de Tavira onde se localizam maioritariamente o sector terciário, quando é atribuída uma maior valorização ao sector económico.

Nas cartas de classes de vulnerabilidade com maior valorização da componente social, observara-se uma diminuição da classe de vulnerabilidade elevada (peso 3) para o período de retorno de 10 e 100 anos o que demonstra que a componente social surge como menos vulnerável às cheias, na cidade de Tavira comparativamente ao sector económico. Para apurar as áreas afectadas por cada uma das classes de vulnerabilidade foram calculadas as áreas afectadas para cada uma das análises de valorização. Na tabela 24 e 25 estão representadas as áreas afectadas associadas aos períodos de

retorno de 10 e 100 anos das duas análises de valorização estudadas. A partir da tabela foi possível verificar que, nos períodos de retorno de 10 e 100 anos, a classe de vulnerabilidade elevada foram mais elevados na análise de valorização do sector económico. A classe de vulnerabilidade baixa mantém-se pouco alterada nas cartas da análise de valorização de vulnerabilidade analisadas.

Por fim, devido ao facto de ocorrer áreas mais extensas com elevada vulnerabilidade na carta em que o sector económico foi mais ponderado, escolheu-se a carta de classe de vulnerabilidade com valorização no sector económico, denominada metodologia ANPC_v.

Tabela 24 – Áreas afectadas para a classe de vulnerabilidade da análise de importância no sector económico

| Classe de vulnerabilidade da análise de importância no sector económico | | | |
|---|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| Período de retorno de 10 anos | | Período de retorno de 100 anos | |
| Classes | Áreas afectadas (ha) | Classes | Áreas afectadas (ha) |
| Baixo | 112 | Baixo | 133 |
| Médio | 38 | Médio | 54 |
| Elevado | 3 | Elevado | 13 |
| Total: | 153 | Total: | 200 |

Tabela 25 – Áreas afectadas para a classe de vulnerabilidade da análise de importância da parte social

| Classe de vulnerabilidade da análise de importância na parte social | | | |
|---|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| Período de retorno de 10 anos | | Período de retorno de 100 anos | |
| Classes | Áreas afectadas (ha) | Classes | Áreas afectadas (ha) |
| Baixo | 112 | Baixo | 134 |
| Médio | 41 | Médio | 65 |
| Elevado | 0 | Elevado | 2 |
| Total: | 153 | Total: | 201 |

Carta de Vulnerabilidade - Tavira
Período de retorno 10 anos



Figura 15 - Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia – análise de valorização do sector económico para a área de período de retorno de 10 anos - metodologia ANPC_v

Carta de Vulnerabilidade - Tavira
Período de retorno 100 anos

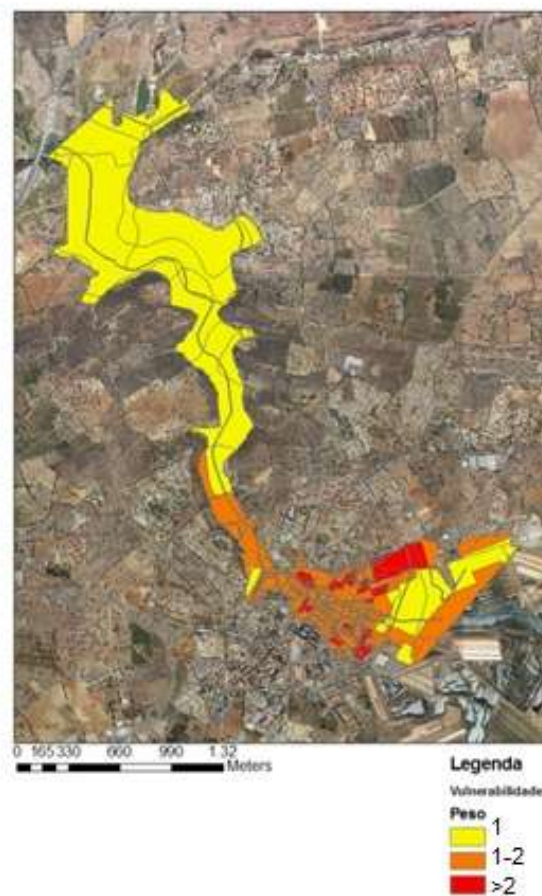


Figura 14 - Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia – análise de valorização do sector económico para a área de período de retorno de 100 anos - metodologia ANPC_v

Carta de Vulnerabilidade - Tavira
Período de retorno 10 anos



Figura 16 – Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia – análise de valorização da parte social para a área de período de retorno de 10 anos – metodologia ANPC_v

Carta de Vulnerabilidade - Tavira
Período de retorno 100 anos

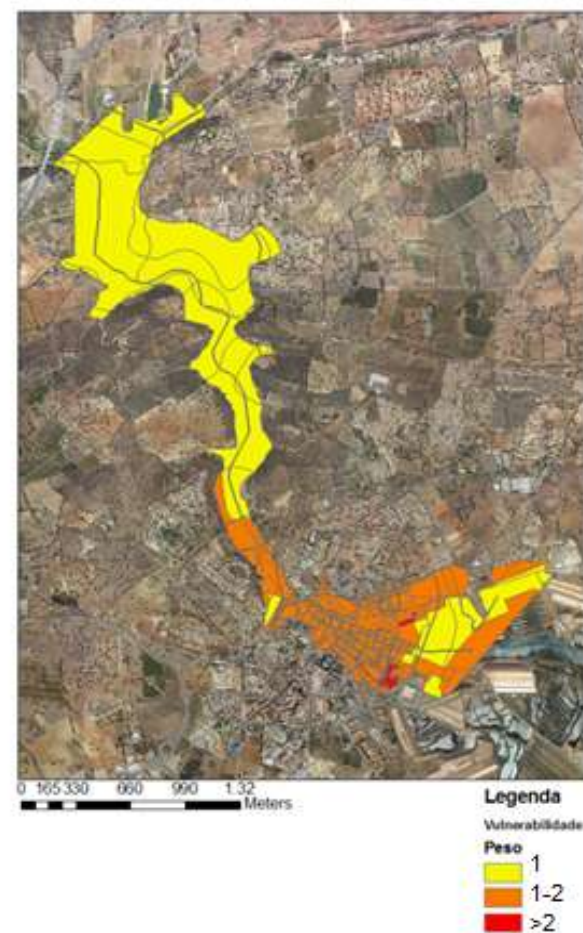


Figura 17 – Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia – análise de valorização da parte social para a área de período de retorno de 100 anos – metodologia ANPC_v

A carta de classe de vulnerabilidade obtida com a metodologia UA foi baseada em quatro indicadores: densidade populacional, uso do solo, património cultural e património natural. Os quatro indicadores, nesta metodologia, tiveram a mesma importância, apenas foram classificados em três classes de vulnerabilidade com os respectivos pesos representados na tabela 14. A classe de vulnerabilidade da metodologia ANPC_v foi baseada também em três classes de vulnerabilidade com os respectivos pesos representados na tabela 17.

As classes de vulnerabilidade comparadas foram a classe de vulnerabilidade da metodologia da UA com a metodologia ANPC_v, para os períodos de retorno de 10 e 100 anos (figuras 18,19,20 e 21).

Na comparação entre as metodologias UA e ANPC_v, para as áreas de período de retorno de 10 anos foram possíveis observar através das figuras 18 e 20 algumas diferenças. Na figura 18, a classe de vulnerabilidade média situa-se na parte central da cidade de Tavira, sendo a classe de vulnerabilidade elevada pouco significativa. Na figura 20, a classe de vulnerabilidade média e elevada encontra-se na zona central da cidade, observando-se uma maior área de classe de vulnerabilidade elevada em relação à anterior.

Na comparação entre metodologia UA e ANPC_v, para as áreas de período de retorno de 100 anos (figuras 19 e 21) foi possível destacar diferenças. Na figura 19, a carta de classe de vulnerabilidade apenas contém 2 classes de vulnerabilidade: baixa (peso ≤ 4) e média (peso > 4 e ≤ 8) sendo que a zona central de Tavira foi classificada de vulnerabilidade média. Na figura 21, foi possível visualizar uma maior fragmentação de polígonos, ou seja, observando-se uma distinção de áreas na zona central de Tavira com classes de vulnerabilidade diferentes, nomeadamente média e elevada.

Uma vez que na carta de classe de vulnerabilidade da metodologia da ANPC_v é utilizado um maior número de indicadores (o dobro dos utilizados na metodologia da UA) e diferenciado pela importância de cada indicador a nível do sector económico, a carta de classe de vulnerabilidade de cheia da ANPC_v parece ficar melhorada em relação à obtida com a metodologia UA.

A zona central de Tavira é uma zona abundante em comércio, serviços, transportes e hotelaria (sector terciário) o que torna esta zona mais vulnerável em situação de cheias. Como já foi referido no capítulo 3.2 sobre a descrição do caso de estudo, no concelho de Tavira o sector terciário representa cerca de 61%, ou seja, a estrutura económica do concelho centra-se neste sector. Numa situação de cheia é importante preservar esta estrutura económica de forma a minimizar os prejuízos. A carta de classe de vulnerabilidade da metodologia da ANPC_v representa melhor a realidade vivida nesta cidade. A carta de vulnerabilidade da metodologia da UA, também destaca a diferença entre a zona central das restantes áreas, mas não pormenoriza, pois a importância de cada indicador é igual, ou seja, qualquer indicador tem a mesma importância na ocorrência de uma cheia.

No anexo A são apresentados as cartas de classe de vulnerabilidade para cada um dos indicadores, para o período de retorno de 10 e 100 anos, sendo classificados em três pesos que correspondem as três classes de vulnerabilidade: 1-Baixa, 2-média e 3-elevada. As cartas de classe de vulnerabilidade para cada indicador foram realizadas e depois cruzadas entre si para obter a carta final de classes de vulnerabilidade de ocorrência de cheia.



Figura 18 - Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia para a área com um período de retorno de 10 anos – metodologia UA



Figura 19 – Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia para a área com um período de retorno de 100 anos – metodologia UA



Figura 20 - Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia para a área de período de retorno de 10 anos – metodologia ANPC_v

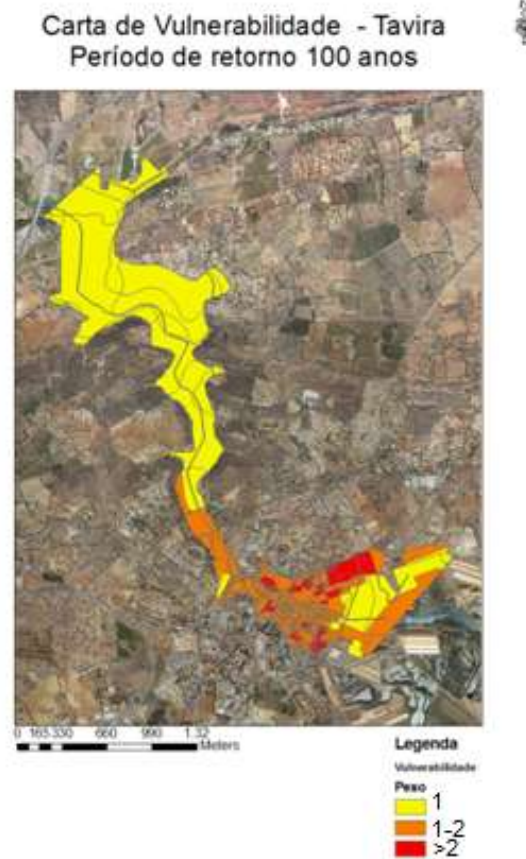


Figura 21 - Carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de cheia para a área de período de retorno de 100 anos – metodologia ANPC_v

4.2.2 – Diferenças nas classificações dos indicadores das duas metodologias de classe de Vulnerabilidade

Nas metodologias de suporte às cartas de classe de vulnerabilidade foram usados dois indicadores que resultaram da mesma base de dados, mas a classificação obtida foi diferente o que alterou os resultados finais de cada carta de classe de vulnerabilidade.

O indicador densidade populacional utilizado na metodologia UA foi classificado em três valores de densidade populacional e a sua respectiva classe (tabela 13) enquanto na metodologia ANPC_v teve como base a classificação em três classes a partir da amostra estudada segundo o método Natural Breaks, do ArcGis.

O indicador uso do solo/ sector económico teve uma classificação também diferente entre as duas metodologias usadas. A carta de classe de vulnerabilidade da metodologia UA distingue a três classes de vulnerabilidade pelo uso do solo (tabela 6) enquanto a carta de classe de vulnerabilidade da

metodologia ANPC_v utilizou os sectores económicos: primário, secundário e terciário. Estas duas classificações deram resultados diferentes nas suas classes de vulnerabilidade.

Na tabela 26 e 27 estão representadas as diferenças encontradas nas áreas afectadas para o indicador densidade populacional para ambas as metodologias de vulnerabilidade de cheia estudadas (UA e ANPC_v) para os períodos de retorno de 10 e 100 anos.

Tabela 26 – Áreas afectadas para as quatro metodologias da carta de risco de cheia, para um período de retorno de 10 anos –
Indicador Densidade Populacional

| Período de retorno de 10 anos | | | |
|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| Metodologia da UA | | Metodologia da ANPC _v | |
| Indicador Densidade populacional | | Indicador Densidade populacional | |
| Peso | Área afectada (ha) | Peso | Área afectada (ha) |
| 1 | 137 | 1 | 137 |
| 2 | 11 | 2 | 12 |
| 3 | 6 | 3 | 5 |
| Total: | 154 | Total: | 154 |

Tabela 27 – Áreas afectadas para as quatro metodologias da carta de risco de cheias, para um período de retorno de 100 anos
– Indicador Densidade Populacional

| Período de retorno de 100 anos | | | |
|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| Metodologia da UA | | Metodologia ANPC _v | |
| Indicador Densidade populacional | | Indicador Densidade populacional | |
| Peso | Área afectada (ha) | Peso | Área afectada (ha) |
| 1 | 107 | 1 | 167 |
| 2 | 52 | 2 | 23 |
| 3 | 43 | 3 | 12 |
| Total: | 202 | Total: | 202 |

Na tabela 26 estão representadas as áreas afectadas pelas três classes de vulnerabilidade do indicador densidade populacional, para uma área com um período de retorno de 10 anos. Assim, foi possível visualizar as semelhanças entre as duas classificações (UA e ANPC_v) apesar de utilizarem critérios de classificação diferentes, as áreas afectadas entre a comparação de duas metodologias são muito semelhantes.

Na tabela 27 estão representadas as áreas afectadas pelas três classes de vulnerabilidade do indicador densidade populacional, para uma área com um período de retorno de 100 anos. Na análise da metodologia UA com ANPC_v para um período de retorno de 100 anos observou-se diferenças nas áreas atingidas por cada classe de vulnerabilidade do indicador densidade populacional. Na metodologia UA encontramos uma menor área na classe de vulnerabilidade baixa (peso =1) em relação à metodologia ANPC_v e as áreas afectadas das classes de vulnerabilidade média e elevada da metodologia UA foram superiores em comparação à metodologia ANPC_v.

As diferenças encontradas neste indicador devem-se a utilização de classificações diferentes para o mesmo indicador, que irá modificar a carta de classe de vulnerabilidade e consequentemente a carta de classe de risco de cheias.

Na tabela 28 estão representadas as áreas afectadas pelas três classes de vulnerabilidade do indicador uso do solo/sector económico, para um período de retorno de 10 anos. Podemos observar que as diferenças entre a metodologia UA e a ANPC_v são significativas, para a metodologia UA a classe de vulnerabilidade baixa (1) afectada é aproximadamente metade da área afectada para a metodologia ANPC_v, para a classe de vulnerabilidade média (2) apenas existem área afectada na metodologia UA, devido ao facto de a vulnerabilidade média (2) associada à metodologia ANPC_v está associada ao sector secundário, sector não afectado na área de cheias do caso de estudo.

Tabela 28 – Áreas afectadas para as quatro metodologias para um período de retorno de 10 anos – Indicador uso do solo/sector económico

| Período de retorno de 10 anos | | | |
|-------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| Metodologia da UA | | Metodologia da ANPC _v | |
| Indicador Uso do Solo | | Indicador Sector Económico | |
| Peso | Área afectada (ha) | Peso | Área afectada (ha) |
| 1 | 56 | 1 | 122 |
| 2 | 66 | 2 | 0 |
| 3 | 32 | 3 | 32 |
| Total: | 154 | Total: | 154 |

Na tabela 29 estão representadas as áreas afectadas pelas três classes de vulnerabilidade do indicador uso do solo/sector económico, para o período de retorno de 100 anos. A principal diferença entre as metodologias UA e ANPC_v foi a ausência da classe média (2) de vulnerabilidade na metodologia ANPC_v.

Em relação, a carta de vulnerabilidade para o indicador património cultural, para as cartas de classe de risco de vulnerabilidade da metodologia UA e ANPC_v que utilizam a mesma base de dados e a mesma classificação, não houve diferenças.

Assim para um período de retorno de 10 anos foram reconhecidos a Ponte Romana e a Igreja de São Pedro Gonçalves (Imóveis de Interesse Público) e dois imóveis não classificados, a Casa das Artes e as Janelas Renascentistas.

Para um período de retorno de 100 anos para além dos imóveis anteriores, também foi identificado a Igreja de São Paulo (Imóvel de Interesse Público).

Tabela 29 - Áreas afectadas para as quatro metodologias para um período de retorno de 100 anos – Indicador uso do solo/sector económico

| Período de retorno de 100 anos | | | |
|--------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| Metodologia da UA | | Metodologia da ANPC _v | |
| Indicador Uso do solo | | Indicador Uso do solo | |
| Peso | Área afectada (ha) | Peso | Área afectada (ha) |
| 1 | 149 | 1 | 154 |
| 2 | 5 | 2 | 0 |
| 3 | 48 | 3 | 48 |
| Total: | 202 | Total: | 202 |

4.3 Cartas de classe de risco de Cheia

Foram realizadas quatro cartas de classe de risco de cheias:

- A carta da metodologia UA (carta de classe de probabilidade e de vulnerabilidade da metodologia UA);
- A carta da metodologia ANPC_{R1} (carta de classe de probabilidade da metodologia UA com a carta de classe de vulnerabilidade da ANPC_v);
- A carta da metodologia ANPC_{R2} (carta de classe de probabilidade da metodologia ANPC_P com a carta de classe de vulnerabilidade da UA);
- A carta da metodologia ANPC_{R3} (carta de classe de probabilidade e de vulnerabilidade da metodologia ANPC);

Foram primeiramente comparadas as cartas de classe de risco de cheia obtidas com as metodologias:

- UA com a ANPC_{R1};

- ANPC_{R2} com a ANPC_{R3}.

Por fim comparou-se as quatro cartas de classe de risco de cheia, visualizando as suas semelhanças e diferenças que podem ser significativas no território em estudo.

4.3.1 Carta de Risco de Cheia: metodologia da UA

A figura 22 representa a carta de classe de risco de cheia da metodologia UA para um período de retorno de 10 anos, encontrando-se duas classes de risco de cheia, o risco médio e o elevado. O risco elevado concentra-se na zona central da cidade de Tavira, onde existe a maior densidade populacional, áreas de residências e comerciais e património cultural. Os riscos médios são as restantes áreas, o que não transmite a realidade vivida na cidade, visto que na zona mais a norte da área de cheia existe maioritariamente áreas agrícolas ou incultas, não devendo apresentar um risco médio. Este risco médio sucede ao facto da classe de probabilidade de ocorrência de cheia ser igual em todo o território, tendo uma classe de probabilidade elevada (peso = 3). A carta de risco de cheia para um período de retorno de 10 anos deveria ser melhorada de forma a ajustar-se à realidade vivida na cidade de Tavira.

A figura 23 representa a carta de classe de risco de cheia para um período de retorno de 100 anos, contendo duas classes de risco de cheia: a classe de risco baixo e médio. As áreas de risco médio encontram-se na zona central da cidade, pelas mesmas razões que se encontram as áreas de risco elevado na figura 22. No restante território, o risco de cheia é considerado baixo visto que nesta área encontram-se classes de vulnerabilidade e de probabilidade baixa. A probabilidade baixa associada à classe de risco de cheia baixa não corresponde à realidade vivida da cidade, na cidade de Tavira ocorreu a maior cheia histórica no ano de 1989 que teve impactes e prejuízos graves em habitações, comércio, património social e cultural que demonstra a intensidade que uma cheia centenária pode causar. A classe de risco de cheia nesta área deveria ser superior, pois as cheias que ocorrem num período de retorno de 100 anos são normalmente de maior impacto no território.

Na tabela 30 são apresentadas as áreas de cheias, sendo possível observar que, para um período de retorno de 10 anos, não existe classe de risco baixo enquanto no período de retorno de 100 anos não existe classe de risco elevado. Este facto demonstra que a associação das alturas de água com os períodos de retorno é importante, e que nesta metodologia deveriam ter associado esta variável para o cálculo da carta de classe de probabilidade, pois para as áreas com um período de retorno de 100 anos deveríamos encontrar áreas de classe de risco elevado, já que a maior cheia ocorrida nesta região foi registada no ano de 1989, sendo esta considerada uma cheia de período de retorno de 100 anos.

Tabela 30 – Área de Classe de risco da Metodologia da Universidade do Algarve

| Metodologia da Universidade do Algarve | | | |
|--|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| Período de retorno de 10 anos | | Período de retorno de 100 anos | |
| Classes de risco | Áreas afectadas (ha) | Classes de risco | Áreas afectadas (ha) |
| Baixo | 0 | Baixo | 134 |
| Médio | 148 | Médio | 68 |
| Elevado | 6 | Elevado | 0 |
| Total: | 154 | Total: | 202 |

Carta de Risco de Inundação - Tavira
Período de retorno de 10 anos



Figura 18 – Carta de Risco de Cheia para a metodologia UA – período de retorno 10 anos.

Carta de Risco de Inundação - Tavira
Período de retorno de 100 anos



Figura 19 – Carta de Risco de Cheia para a metodologia UA – período de retorno de 100 anos

4.3.2 Carta de Risco de cheia: metodologia ANPC_{R1}

A carta de risco de cheia obtida com a metodologia ANPC_{R1} foi realizada a partir da mesma carta de classe de probabilidade da anterior, carta de risco de cheia da metodologia UA, com a carta de classe

de vulnerabilidade de ocorrência de cheia da metodologia ANPC_V. A carta de classe de probabilidade teve as mesmas limitações da anterior carta de risco de cheia (UA), não havendo diferenciação nas áreas de classe de probabilidade para um período de retorno 10 e 100 anos.

As figuras 24 e 25 ilustram as cartas de risco de cheia da metodologia ANPC_{R1} para um período de retorno de 10 e 100 anos, respectivamente. Na figura 24, observa-se duas classes de risco de cheia: médio e elevado, sendo as áreas para cada classe semelhantes à metodologia de carta de risco de cheia da UA. Na figura 25, verifica-se também uma semelhança em relação às áreas afectadas na carta de risco de cheia da metodologia UA. As áreas de risco médio nesta metodologia diminuíram em relação à metodologia anterior, devido ao facto da carta de classe de vulnerabilidade ser diferente, nesta carta de classe de vulnerabilidade introduziu-se mais indicadores e com importâncias diferentes conforme o indicador.

Na tabela 31 estão apresentadas as áreas afectadas por classe de risco de cheia para os períodos de retorno de 10 e 100 anos. Verificamos semelhanças nos valores das áreas afectadas para um período de retorno de 10 anos em relação a carta de classe de risco da metodologia UA para o mesmo período de retorno. Em relação ao período de retorno de 100 anos verifica-se uma diminuição da área de classe de risco médio devido à relevância dada aos indicadores de vulnerabilidade utilizados na classe de vulnerabilidade da metodologia ANPC_V em relação à metodologia UA.

A carta de risco de cheia da metodologia UA em relação à metodologia ANPC_{R1} não sofre grandes alterações devido ao facto da carta de classe de probabilidade usada ser idêntica. Apesar disso, foi possível encontrar algumas diferenças. Na carta de risco de cheia ANPC_{R1}, é possível localizar os agentes de protecção civil atingidos e as vias de comunicação que, na metodologia UA, não são utilizados como indicadores. Estes indicadores são importantes para o plano de emergência em situação de cheia. Encontram-se como indicadores de protecção civil, os seguintes: Câmara Municipal de Tavira, Junta de Freguesia, Mercado da ribeira, farmácias e a Polícia Marítima.

Tabela 31 – Áreas afectadas para a metodologia da Carta de Risco de Cheia (ANPC_{R1})

| Metodologia da Carta de Risco de Cheia (ANPC _{R1}) | | | |
|--|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| Período de retorno de 10 anos | | Período de retorno de 100 anos | |
| Classes de risco | Áreas afectadas (ha) | Classes de risco | Áreas afectadas (ha) |
| Baixo | 0 | Baixo | 144 |
| Médio | 149 | Médio | 58 |
| Elevado | 5 | Elevado | 0 |
| Total: | 154 | Total: | 202 |

Na comparação entre as duas metodologias foi possível entender que a carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia é importante para a realização da cartografia de risco de cheia, ou

seja, não foi suficiente a alteração da carta de classe de vulnerabilidade para a obtenção de uma melhoria significativa da carta de risco de cheia.



Figura 20 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC_{R1} para um período de retorno de 10 anos.



Figura 21 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC_{R1} para um período de retorno de 100 anos.

4.3.3 Carta de Risco de Cheia: metodologia ANPC_{R2}

A carta de risco de cheia da metodologia ANPC_{R2} baseada na carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia da metodologia ANPC_P com a carta de classe de vulnerabilidade da metodologia da UA. As figuras 26 e 27 representam as cartas de classe de risco de cheia para um período de retorno de 10 e 100 anos.

Na figura 26, a carta de classe de risco de cheia da metodologia ANPC_{R2} para um período de retorno de 10 anos, observa-se três classes de risco de cheia: baixo, médio e elevado. A área afectada por uma classe de risco elevado corresponde as zonas que conjugam classes de vulnerabilidade elevada (densidade populacional, património cultural e natural com o tipo de solo afectado) com uma classe de probabilidade elevada ou uma classe de vulnerabilidade média e classe de probabilidade elevada ou classe de probabilidade média com classe de vulnerabilidade elevada. A classe de risco médio situa-se na zona central e parte da área do PNRF, a zona central de Tavira atingida encontra tipos de solos com

actividade económica e património cultural importante para a cidade. A zona de PNRF sendo considerada um Parque Natural com valorização a nível ambiental na sua diversidade de espécies (classificação desta metodologia, tabela 6) também é considerada uma área de risco médio. As áreas de classe de risco baixo são áreas com indicadores de vulnerabilidade baixa, devido ao facto de encontramos uma baixa densidade populacional, património cultural e solos agrícolas ou incultos conjugados a uma classe de probabilidade média.

Na figura 27, carta de classe de risco de cheia da metodologia $ANPC_{R2}$ para um período de retorno de 100 anos, verificamos três classes de risco de cheia: baixo, médio e elevado.

- As áreas de classes de risco de cheia baixo e médio são semelhantes às áreas atingidas para um período de retorno de 10 anos, são zonas com classe de vulnerabilidade baixa associadas a uma classe de probabilidade média ou uma classe de probabilidade elevada com uma classe de vulnerabilidade baixa.
- As áreas afectadas com uma classe de risco de cheia elevado são maiores para o período de retorno de 100 anos do que para a carta de risco de cheia para um período de retorno de 10 anos. Este aumento é devido ao facto da conjugação de classes de vulnerabilidade média com uma classe de probabilidade de ocorrência de cheia elevada, ou da classe de probabilidade média e vulnerabilidade elevada, ou ambas as cartas de classe de probabilidade e vulnerabilidade elevadas, pois estas zonas em situação de cheia para um período de retorno de 100 anos são fortemente associadas a uma maior altura de água atingida em relação à altura de água atingida para um período de retorno de 10 anos.

As figuras 26 e 27 representam uma melhoria na carta de risco de cheia para a cidade de Tavira devido à conjugação das alturas de água com os períodos de retorno (carta de classe de probabilidade da metodologia ANPC).

As modificações da cartografia do risco de cheia desta metodologia em relação às duas metodologias de cartas de risco de cheia apresentadas anteriormente (UA e $ANPC_{R1}$) são:

- Esta metodologia apresenta três classes de risco de cheia enquanto as metodologias UA e $ANPC_{R1}$ apresenta apenas duas classes de risco de cheia (médio e elevado);
- A carta de risco de cheia da metodologia $ANPC_{R2}$ representa melhor a realidade vivida na cidade de Tavira para os períodos de retorno de 10 e 100 anos;

A tabela 32 apresenta as áreas afectadas para cada classe de risco de cheia para os períodos de retorno de 10 e 100 anos. Pode verificar-se uma diminuição da área afectada para a classe de risco baixo e um aumento significativo para a classe de risco médio e a classe de risco elevado aumentou de um período de retorno de 10 para 100 anos.

Tabela 32 – Áreas afectadas para a metodologia da Carta de Risco de Cheia (ANPC_{R2})

| Metodologia da Carta de Risco de Cheia (ANPC _{R2}) | | | |
|--|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| Período de retorno de 10 anos | | Período de retorno de 100 anos | |
| Classes de risco | Áreas afectadas (ha) | Classes de risco | Áreas afectadas (ha) |
| Baixo | 85.24 | Baixo | 43.08 |
| Médio | 25.61 | Médio | 90.07 |
| Elevado | 0.83 | Elevado | 2.95 |
| Total: | 111.68 | Total: | 136.1 |



Figura 22 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC_{R2} para um período de retorno de 10 anos.



Figura 23 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC_{R2} para um período de retorno de 100 anos.

4.3.4 Carta de Risco de Cheia: metodologia ANPC_{R3}

A carta de classe de risco de cheia da metodologia ANPC_{R3} resulta da carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia da metodologia ANPC_P e da carta de classe de vulnerabilidade de ocorrência de

cheia da metodologia ANPC_V. As figuras 28 e 29 são as cartas de classe de risco de cheias da metodologia ANPC_{R3} para os períodos de retorno de 10 e 100 anos.

Na figura 28, carta de classe de risco de cheia para um período de retorno de 10 anos, são encontradas duas classes de risco de cheia: baixo e médio. A classe baixa é encontrada nas áreas de baixa densidade populacional e jovem, na área do sector económico primário (agricultura) e ausência de património cultural e infra-estruturas importantes com uma classe de probabilidade média. A área do PNRF é também considerada de baixo risco devido ao facto da importância dada ao indicador património natural nesta metodologia. A classe de risco médio encontra-se na zona central da cidade onde estão localizadas a maioria das infra-estruturas económicas, património cultural, agentes de protecção civil e densidade populacional e jovem, é nesta área onde o impacto das cheias atinge prejuízos de maior relevância socio-económica.



Figura 24 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC_{R3} para um período de retorno de 10 anos.



Figura 25 – Carta de classe de Risco de Cheia da metodologia ANPC_{R3} para um período de retorno de 100 anos.

Na figura 29, carta de classe de risco de cheia para um período de retorno de 100 anos, observa-se três classes de risco de cheia: baixo, médio e elevado. As áreas afectadas para uma classe de risco baixo são semelhantes as áreas de classe de risco baixo da figura 28. A classe de risco médio aumenta

devido ao facto da área atingida para um período de retorno de 100 anos aumentar, a localização das áreas da classe de risco médio continua a ser a área da zona central da cidade, onde estão presentes as infra-estruturas socio-económicas importantes para a cidade. As áreas de classe de risco elevado presentes nesta figura são áreas importantes a nível económico conjugadas com a elevada classe de probabilidade de ocorrência de uma cheia com uma altura igual ou superior a dois metros.

Na tabela 33 são apresentadas as áreas afectadas nas várias classes de risco de cheia, para os períodos de retorno de 10 e 100 anos. Pode observar-se que há um aumento significativo da classe de risco médio do período de retorno de 10 para 100 anos, isto acontece devido ao aumento das alturas de água associadas ao período de retorno, que por sua vez aumenta a área afectada para um período de retorno de 100 anos. A classe de risco de cheia elevado apenas é presente na carta de risco para um período de retorno de 100 anos, isto acontece devido à existência da conjugação de classes elevadas na carta de classes de probabilidade com a classe de vulnerabilidade média ou elevada, sendo estas áreas representativas de infra-estruturas económicas situadas em alturas de água igual ou superior a dois metros.

Tabela 33 – Áreas afectadas para a metodologia da Carta de Risco de Cheia (ANPC_{R3})

| Metodologia da Carta de Risco de Cheia (ANPC _{R3}) | | | |
|--|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| Período de retorno de 10 anos | | Período de retorno de 100 anos | |
| Classes de risco | Áreas afectadas (ha) | Classes de risco | Áreas afectadas (ha) |
| Baixo | 90.55 | Baixo | 92.68 |
| Médio | 21.13 | Médio | 41.1 |
| Elevado | 0 | Elevado | 2.32 |
| Total: | 111.68 | Total: | 136.1 |

Na metodologia ANPC_{R3} é possível localizar os agentes de protecção civil atingidos e as vias de comunicação, na metodologia ANPC_{R2} não são utilizados. Estes indicadores são importantes para o plano de emergência em situação de cheia.

4.3.5 – Comparação entre as quatro metodologias de cartografia de risco de cheia

A metodologia ANPC_{R1} acrescentou indicadores importantes para a actuação numa situação de emergência. Para além de melhorar os indicadores foi também atribuído pesos aos indicadores de forma a poder qualificar cada indicador com o seu grau de importância. A cidade de Tavira localizada no Algarve uma zona turística sendo a principal actividade económica da região o comércio (hotéis, pensões, restaurantes, bares, entre outros), a carta de classe de vulnerabilidade ANPC_V foi avaliada atribuindo graus de importância elevada à parte económica. A metodologia de ANPC_{R1} tende a aproximar-se da realidade pois encontrou-se os diversos patrimónios e agentes de protecção civil em zonas de baixa altitude, onde a cheia é perceptível de ocorrer. Na figura 30 estão representados as

zonas de relevância patrimonial, cultural e agentes de protecção civil afectadas na cidade de Tavira, para um período de retorno de 100 anos.

A metodologia $ANPC_{R2}$ inovou em relação às anteriores pois foi construída a carta de classe de probabilidade de ocorrência a cheias, a metodologia $ANPC_p$, que se baseou em dados reais situados num posto de transformação em Tavira, que atesta as alturas de águas atingidas nas cheias nos anos 1989 e 2000. Esta metodologia reforçou a carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia em relação à carta de classe de probabilidade da metodologia UA. Esta carta de classe de risco de cheia apresenta maior detalhe em relação à metodologia UA e $ANPC_{R1}$.

Na metodologia $ANPC_{R3}$ melhorou-se a carta de risco de cheia em relação à anterior metodologia ($ANPC_{R2}$) devido ao facto de utilizar uma carta de classe de vulnerabilidade que foi avaliada atribuindo graus de valorização na componente económica. Em relação à metodologia $ANPC_{R1}$ não apresenta todas as zonas de risco de cheia, devido ao facto do DTM ser de fraca resolução e devido à limitação imposta de um raio de mil e quinhentos metros à volta do PT (Posto de Transformação).

Nas figuras 30 e 31 estão representadas as estruturas de importância patrimonial, cultural e agentes de protecção civil afectadas na cidade de Tavira para um período de retorno de 100 anos, para as metodologias $ANPC_{R1}$ e $ANPC_{R3}$. Pode observar-se que na metodologia $ANPC_{R1}$ existe um maior número de estruturas afectadas pelas cheias comparativamente à metodologia $ANPC_{R3}$, isto ocorre devido à carta de classe de probabilidade da $ANPC_p$ ter uma área de cheia para um período de retorno de 100 anos menor que a metodologia UA.



Figura 26 - Estruturas afectadas pelas cheias de Tavira para um período de retorno de 100 anos – metodologia ANPC_{R1}



Figura 27 – Estruturas afectadas pelas cheias de Tavira para um período de retorno de 100 anos – metodologia ANPC_{R3}

5. Recomendações e Conclusão

Na cartografia de classe de risco de cheia da metodologia UA, observou-se que a falta da introdução da variável alturas de água com períodos de retorno, observando que a cheia com período de retorno de 100 anos será possivelmente de maior impacto. A carta de risco de cheia para um período de retorno de 100 anos desta metodologia não transmite a realidade do caso de estudo, pois a cheia conhecida de 1989 foi a maior cheia ocorrida na cidade atingindo quase três metros de altura de água, danificando muitas pessoas e bens socio-económicos. Esta metodologia deve ser melhorada de forma a poder ser utilizada para as zonas consideradas mais vulneráveis às cheias. Um outro problema desta metodologia foi o facto de na classe de probabilidade apenas considerar o período de retorno como classificação, tornando as classes de probabilidade muito vastas, não considerando quaisquer outras condicionantes para esta divisão de classes. Esta metodologia é no entanto de fácil elaboração quando nos é facultada a área de cheia de uma certa região, pois a elaboração da área de cheia foi realizada a partir de uma modelação hidrológica, devendo conhecer-se todos os troços de rios da região em estudo e ser especializado em hidrologia. A modelação hidrológica realizada em ambiente HEC-RAS deve transpor para Arc-Gis, as alturas de água atingidas nas diversas áreas, para poder pormenorizar a classe de probabilidade e conseguir assim uma carta de risco de cheia de melhor qualidade.

Em relação à carta de classe de vulnerabilidade da metodologia UA foi possível realizá-la de forma simples, visto serem apenas estudadas quatro indicadores: a população, o uso do solo, o património cultural e natural. Estes indicadores são importantes mas não são suficientes, pois existem outros indicadores de alguma relevância em caso de cheias, como a protecção civil, as vias de comunicação, a população idosa e a população jovem. Além disso, os indicadores usados nesta metodologia não tiveram quaisquer diferenciações de pesos, isto é, foi atribuído o mesmo peso para a população e para o património natural, não sendo da mesma importância danificar um património ou a vida humana. Assim, esta metodologia foi de simples realização.

A carta de classes de vulnerabilidade da metodologia ANPC_V utilizadas nas metodologias de carta de classe de risco da ANPC_{R1} e ANPC_{R3} foram devidamente escolhidas para a análise de risco de cheia, ou seja, a densidade populacional, a densidade jovem e idosa, pois são populações mais vulneráveis em casos de cheias, a protecção civil, que se refere a equipamentos de saúde, PSP, GNR e equipamentos de socorro e camarárias, património cultural e natural, sector económico que foi dividido em três sectores (primário, secundário e terciário) e vias de comunicação, de modo a poder saber quais as vias afectadas, para em situação de emergência poder ocorrer uma rápida intervenção. Estes indicadores foram pensados de forma a poder serem úteis para a protecção civil no comando para uma situação de emergência. As classes de vulnerabilidade também sofreram algumas mudanças em relação ao peso atribuído a cada um deles, na metodologia anterior os pesos dos indicadores não foram distinguidos, nesta metodologia foram atribuídos pesos valorizando os indicadores ligados ao

sector económico, sendo valorizado a densidade jovem, as vias de comunicação e o sector económico. Esta metodologia aproxima-se um pouco mais a realidade, apesar da classe de probabilidade ser um pouco frágil, na metodologia $ANPC_{R1}$, pois não diferencia as áreas no mesmo período de retorno, dando a mesma importância a toda a área atingida. As áreas de cheia para 10 e 100 anos de retorno, não estão representadas no território da mesma forma, isto é, estão alturas/cotas diferentes o que modificará bastante os risco de cheia em todo o território afectado, nesta metodologia e na anterior não foi dada nenhuma relevância a isso.

Para a melhoria da carta de probabilidade da metodologia UA seria útil inserir alturas de água na área de cheia realizada por (Lança e Rocheta, 2008) de forma a melhorar as classes de probabilidade. Em relação aos indicadores poderia introduzir-se pesos de forma a aproximar-se da realidade, pois sendo uma avaliação meramente qualitativa, melhoramos a análise da carta de classe de vulnerabilidade melhorando directamente a carta de classe de risco de cheia.

As metodologias $ANPC_{R2}$ e $ANPC_{R3}$ basearam-se na carta de classe de probabilidade ($ANPC_P$) que foi estudada de forma a melhorar a carta de probabilidade usada nas metodologias anteriores. Esta metodologia utilizou não só os períodos de retorno de 10 e 100 anos, como introduziu uma nova variável em relação a metodologia UA e $ANPC_{R1}$, as alturas de água. Estas alturas de água foram calculadas a partir da georeferênciação de um posto de transformação situado em Tavira, onde estão as alturas de água referente a duas cheias conhecidas, a cheia de 2000 e a de 1989. Perante estes dados foi pressuposto que a cheia de 2000 corresponderia a cheia com um período de retorno de 10 anos e a cheia de 1989 corresponderia a um período de retorno de 100 anos. Através da carta do modelo digital terreno (DTM) foi possível calcular as cotas do terreno atingidas pelas duas cheias. A fragilidade da classe de probabilidade desenvolvida deve-se ao facto que o DTM disponível para a realização deste trabalho foi de fraca resolução, apenas continha as cotas de 1 em 1 metro, não sendo possível realizar uma carta de classe de probabilidade com maior detalhe, para obter finalmente uma melhor carta de classe de risco de cheia. Outra fragilidade foi o facto da área calculada para a zona de cheia ser feita através de uma delimitação da zona envolvente, assumindo um raio de 1500 metros, como zona mais vulnerável á cheia, estudando-se apenas o centro da cidade de Tavira, como zona problemática, para a realização mais detalhada seria conhecer a modelação hidrológica em conjunto com as alturas de alturas de águas atingidas, pois o facto de assumir as cotas do posto de transformação e dizer que as mesmas cota situada noutra localização, teria a mesma altura de água não foi correcta, mas recorreu-se a esta classe de probabilidade de ocorrência a cheia de forma a poder relacionar as alturas de águas com os períodos de retorno, para a melhoria da carta de probabilidade. Assim, esta metodologia também apresenta fragilidade, mas apesar de tudo foi de fácil execução enquanto a carta de probabilidade da metodologia UA, teve de ser realizada noutro trabalho e foi necessário conhecimento especializado em hidrologia e muito trabalho de campo.

Futuramente, para a obtenção de uma melhoria nas cartas de classe de probabilidade, as áreas de cheias realizadas a partir de modelação hidrológica devem ser combinadas com as alturas de águas que possam atingir, de forma a detalhar o território e poder obter uma carta de classe de risco de cheia ao detalhe, para uma melhoria na actuação de um plano de emergência realizado pelos agentes da ANPC.

Estas melhorias seriam uma forma de poder aproximar as metodologias das cartas de classe de risco de cheia realizadas na Europa e no Mundo. Como observamos no capítulo 2 (cartografia do risco de cheia), as metodologias de risco de cheia assentam numa base de períodos de retorno de 25, 50, 100 e 500 anos combinado com as alturas de água medidas em centímetro, ou um trabalho de campo de possa detalhar o território que permita transpor as alturas de água em ambiente SIG, o que melhora as cartas de classe de probabilidade de ocorrência de cheia ao detalhe, coisa que não foi possível realizar em nenhuma metodologia aplicada para a zona em estudo.

Com este trabalho foi possível entender que existem várias metodologias possíveis de realizar para a obtenção de cartas de classe de risco de cheia. Foi adoptada a abordagem geral que considere o risco de ocorrência de cheia como o produto da carta de classe de probabilidade de ocorrência de cheia com a carta de classe de vulnerabilidade. As metodologias da carta de classe de risco de cheia desenvolvidas foram quatro: UA, $ANPC_{R1}$, $ANPC_{R2}$ e $ANPC_{R3}$.

Cada carta de classe de risco de cheia foi analisada de forma a entender como esta poderia interagir com a realidade vivida na cidade de Tavira. A cidade de Tavira é afectada por situações de cheia com relativa frequência, as zonas mais afectadas da cidade de Tavira encontram-se numa zona de baixa altitude em junção do aumento do caudal do rio provocadas pela subida das marés e/ou com as elevadas precipitações. Os patrimónios afectados em períodos de cheias foram Ponte romana, a Câmara Municipal de Tavira, Junta de Freguesia, o Mercado da Ribeira as Farmácias e a Polícia Marítima conjugados com uma variedade de infra-estruturas económicas (cafetarias, restaurantes entre outros comércios) importantes no concelho de Tavira, onde o tecido empresarial representativo é o sector terciário. Na construção da carta de classe de risco de cheia para o presente caso de estudo deve reforçar os indicadores ligados à parte económicos, sector importante na cidade.

Conclui-se que a carta de risco de cheia que satisfatoriamente se adequa ao caso de estudo é a que resulta da metodologia $ANPC_{R3}$, devido à sua fragilidade na associação das marcas de cheias associada aos tempos de retorno e da fraca resolução do DTM. Sendo como alternativa a melhoria na metodologia $ANPC_{R1}$, na carta de classe de probabilidade, acrescentando a variável: alturas de água atingidas pela cheia com os períodos de retorno, de forma a pormenorizar e restringir as zonas de elevada altitude que dificilmente serão atingidas em situação de cheia, poderão conduzir a resultados igualmente satisfatórios.

Referências Bibliográficas

ANPC (2009). *Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Plano de Emergência de Protecção Civil*. Autoridade Nacional de Protecção Civil. 23 páginas. versão online no site: http://www.prociv.pt/Documents/CTP9_www.pdf; consultado em 2 de Maio de 2011.

CASTRO, Paulo (2007). *Debate Cheias – os seus ciclos e prevenção*. 2º Ciclo de Debates Á Volta do Ambiente, Centro de Educação Ambiental/Parque Urbano de Santa Iria de Azóia, 12 de Janeiro de 2007. Instituto Nacional da Água/Projecto de Controlo de Cheias da Região de Lisboa. 16 páginas . versão online no site: www.cm-loures.pt/doc/Ambiente/ciclo_debates/Cheias3.pdf; consultado em 2 Maio de 2011.

CMT (2009). *Vive Cultura*; Câmara Municipal de Tavira. versão online no site: <http://cultura.cm-tavira.pt/index.php?pagina=3>. consultado em 10 de Janeiro de 2011.

CMT (2010a). *Localização*. Câmara Municipal de Tavira. versão online no site: <http://www.cm-tavira.pt/cmt/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=181&meid=161>; consultado em 10 de Janeiro de 2011.

CMT (2010b). *Sócio-demográfica – Organização territorial*. Câmara Municipal de Tavira. versão online no site: <http://www.cm-tavira.pt/cmt/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=284&meid=263>; consultado em 10 de Janeiro de 2011.

CMT (2010d). *Económica – Estrutura Económica*. Câmara Municipal de Tavira. versão online no site: <http://www.cm-tavira.pt/cmt/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=285&meid=262>; consultado em 10 de Janeiro de 2011.

CMT (2011). *Vive Cultura Tavira (SIG)*. Câmara Municipal de Tavira. versão online no site: <http://sig.cm-tavira.pt/#>; consultado em 20 de Abril de 2011.

COELHO, Carlos (2009). *Cartas de Risco de Cheia – Município de Tavira*. Câmara Municipal de Tavira. 164 páginas. Tavira, Setembro 2009.

CUNHA, Lúcio, CRAVIDÃO, Fernanda (2001). *Território, urbanización y calidad medioambiental: trilogia incompatible?*. Actas do II Encuentro Internacional de Estudio Urbanos, La Habana, Cuba.

Decreto-Lei nº468/71. Ministério da Marinha e das Obras Públicas. versão online no site: http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/legisla/pdf_nac/Concessoes/DL468_71.PDF; consultado em 15 de Janeiro de 2011.

Decreto-Lei nº77/84. Coordenação e administração do investimento público. PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS E MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO INTERNA. versão online no site: <http://siddamb.apambiente.pt/publico/documentoPublico.asp?documento=3049&versao=3>; consultado em 15 de Janeiro de 2011.

Decreto-Lei nº89/87. Medidas protecção às zonas ameaçadas pelas cheias. Ministério do Plano e da Administração do Território. versão online no site: <http://siddamb.apambiente.pt/publico/documentoPublico.asp?documento=2209&versao=1>. consultado em 15 de Janeiro de 2011.

Decreto-Lei nº93/90. Reserva Ecológica Nacional; Ministério do Planeamento e da Administração do Território. versão online no site: <http://siddamb.apambiente.pt/publico/documentoPublico.asp?documento=932&versao=5>. consultado em 15 de Janeiro de 2011.

Decreto-Lei nº364/98. Cartas de zonas inundáveis; Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território. versão online no site: <http://siddamb.apambiente.pt/publico/documentoPublico.asp?documento=19939&versao=1>; consultado em 15 de Janeiro de 2011.

Decreto-Lei nº16/2003. Terceira alteração ao Decreto-lei 468/71. Ministério da Marinha e das Obras Públicas. versão online no site: <http://siddamb.apambiente.pt/publico/documentoPublico.asp?documento=25797&versao=1>; consultado em 15 de Janeiro de 2011.

Decreto-Lei nº54/2005. Estabelece a titularidade dos recursos hídricos. Assembleia da República. versão online no site: <http://dre.pt/pdf1s/2005/11/219A00/65206525.pdf>. consultado em 16 de Janeiro de 2011.

Decreto-Lei 258/2007 de Murcia, Espanha. Convenios con los Ayuntamientos de la Región de Murcia para la promoción de políticas de defensa del consumidor. Boletín Oficial de la Región de Murcia. versão online no site: [http://www.croem.es/web/croemwebambiente.nsf/ca9fbec891192b50c1256bd7004f727c/5f412e23b9289460c1257328003b7c96/\\$FILE/estudios%20inundabilidad.pdf](http://www.croem.es/web/croemwebambiente.nsf/ca9fbec891192b50c1256bd7004f727c/5f412e23b9289460c1257328003b7c96/$FILE/estudios%20inundabilidad.pdf). consultado em 15 de Dezembro de 2010.

Directiva nº2007/60/CE. Avaliação e gestão dos riscos de inundações. European Parliament and of the Council. versão online no site: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:EN:PDF>. consultado em 16 de Janeiro de 2011.

Decreto-Lei nº115/2010. Quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. versão online no site:

<http://dre.pt/pdf1sdip/2010/10/20600/0475704764.pdf>. consultado em 6 de Janeiro de 2011.

FONSECA, António (2008/09). Cheias: Riscos Naturais. Universidade Aberta. 28 páginas. versão online no site: [http://antonio-fonseca.com/Unidades%20Curriculares/2-](http://antonio-fonseca.com/Unidades%20Curriculares/2-Ano/Trabalhos%20de%20Campo%20II/1%20Licoes/5%20%20Cheias/TOPICO_5_Cheias.pdf)

[Ano/Trabalhos%20de%20Campo%20II/1%20Licoes/5%20%20Cheias/TOPICO_5_Cheias.pdf](http://antonio-fonseca.com/Unidades%20Curriculares/2-Ano/Trabalhos%20de%20Campo%20II/1%20Licoes/5%20%20Cheias/TOPICO_5_Cheias.pdf).

consultado em 27 de Novembro de 2011.

HORA, Silmara Borges, GOMES, Ronaldo Lima (2009). Mapeamento e avaliação do risco a cheia do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. *Sociedade & Natureza* nº21, *Uberlândia*. 19 páginas. versão online no site:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9583/5779>. consultado em 10 de Fevereiro de 2011.

ICNB (2002). Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa – Estudos de Caracterização - Volume 1 Capítulo 10. Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade. versão online no site: www.icn.pt/popnrf/web/. consultado em 20 de Abril de 2011.

JENKS, George F. (1963). Generalization in Statistical Mapping. *Annals of the Association of American Geographers*. Volume 53. 15 páginas. versão online no site:

<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/cartocom/section6.html>. consultado em 10 de Abril de 2011.

Jornal Algarve 123. Concelho de Tavira. versão online no site:

http://www.algarve123.com/pt/O_Algarve/0814/Tavira. consultado em 7 de Maio de 2011.

LANÇA, Rui, ROCHETA, Vera (2008). *Estudo de delimitação das áreas inundáveis na cidade de Tavira*. Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Algarve. Faro. 164 páginas.

LNEC (2009). *Carta Preliminar das Zonas de Risco de Cheia à escala 1:500000* – Relatório LNEC R142190-NHHF. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. versão online no site:

http://snirh.pt/snirh_atlasagua/galeria/mapasweb/pt/aa1014.pdf. consultado em 20 de Janeiro de 2011.

LUMBROSO, Darren (2005). *Estratégias sustentáveis para mitigar os impactos das cheias –*

Orientação sobre avaliações nacional de risco de cheia. HR Wallingford Limited. Oxfordshire, Reino Unido. 24 páginas. versão online no site:

http://sheltercentre.org/sites/default/files/EX5115_%20Guia_nacional_risco_cheias.pdf. consultado em 25 de Maio de 2011.

PBH das Ribeiras do Algarve (1999). *Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve – 1ª Fase Análise e Diagnóstico da Situação de Risco – Tomo 12B Transporte Sólido e Risco de Assoreamento*. Ministério do Ambiente. Lisboa. 128 páginas. versão online no site:

http://www.arh Algarve.pt/site/parameters/arh Algarve/files/File/upload/PBHRA/Anexos_1fase/1f_An12_T12B_Relatorio.pdf, consultado em 25 de Maio de 2011.

Portail Cartographique de la Région Wallonne (2007). Cartographie de L'alea d'inondation par débordement de cours d'eau – annexe 1: Notice méthodologique; Portail Cartographique de la Région wallonne. versão online no site:

http://cartographie.wallonie.be/NewPortailCarto/Inondations/notice_pdf/Alea_d'inondation_-_Notice%20methodologique.pdf, consultado em 20 de Fevereiro de 2011.

Repórter Gilão (2009). Última Grande Cheia em Tavira foi há vinte anos, Tavira. versão online no site: <http://reportergilao.blogspot.com/2009/12/programa-4-quatro.html>, consultado em 10 de Janeiro de 2011.

RODRIGUES, Bruno (2007). Serviço Municipal de Protecção Civil Loures – Área de Planeamento. Câmara Municipal de Loures. Loures. 40 páginas. versão online no site: www.cm-loures.pt/doc/Ambiente/ciclo_debates/Cheias2.pdf; consultado em 20 de Maio de 2011.

ROSSI, Matteo (2009/10). Corso di Rischio geológico ed idrogeologico – Rischio da inondazioni. Facoltà di Ingegneria Polo di Rieti a.a, Sapienza - Università di Roma. Roma. 24 páginas. versão online no site: <http://geoingegneria.dits.uniroma1.it/website/people/mrossi/dispense/rischio09/lezione2.pdf>, consultado em 20 de Fevereiro de 2011.

SANTOS, Elodie (2011). Fotografias da Cidade de Tavira. Tavira, Agosto 2011.

SANTOS, Miguel A.Peres (2009). Foi há vinte anos....Rua da Galeria. versão online no site: <http://ruadagaleria.blogs.sapo.pt/>, consultado em 15 de Março de 2011.

SOUZA, C.R.G (2004). Risco a cheias, enchentes e alargamento em regiões costeiras. In: *Simpósio Brasileiro de Desastre Naturais, Florianópolis, Brasil*. 17 páginas. versão online no site: <http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%20OK/2-18.pdf>, consultado em 20 de Fevereiro de 2011.

Anexo A: Cartas de Vulnerabilidade de ocorrência de cheia

Metodologia da Universidade do Algarve
Indicador Densidade Populacional
Período de retorno de 10 anos



Metodologia da Universidade do Algarve
Indicador Densidade Populacional
Período de retorno de 100 anos

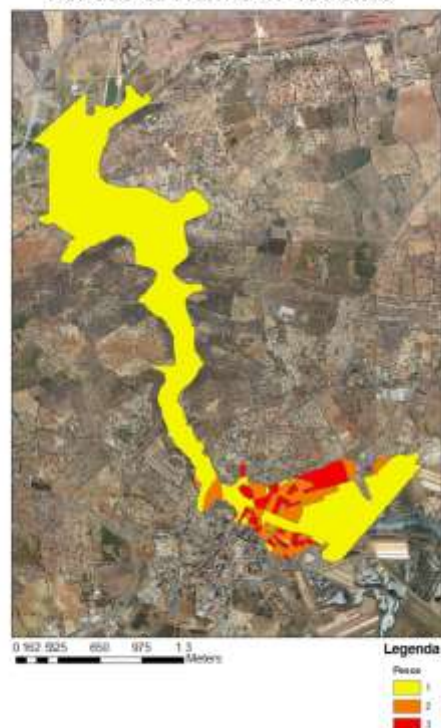


Figura A1 - Metodologia da UA – Carta de Vulnerabilidade – Indicador Densidade Populacional – período de retorno de 10 anos e 100 anos.

Metodologia da Universidade do Algarve
Indicador tipo de actividade económica afectada
Período de retorno de 10 anos



Metodologia da Universidade do Algarve
Indicador tipo de actividade económica afectada
Período de retorno de 100 anos



Figura A2 - Metodologia da UA – Carta de Vulnerabilidade – Indicador do Tipo de actividade económica afectada – período de retorno de 10 anos e 100 anos.

Metodologia da Universidade do Algarve
Indicador tipo de actividade económica afectada
Período de retorno de 10 anos



Metodologia da Universidade do Algarve
Indicador tipo de Património Natural
Período de retorno de 100 anos



Figura A3 - Metodologia da UA – Carta de Vulnerabilidade – Indicador Tipo de Património natural afectado – período de retorno de 10 anos e 100 anos

Metodologia da Universidade do Algarve
Indicador tipo de Património Cultural
Período de retorno de 10 anos



Metodologia da Universidade do Algarve
Indicador tipo de Património Cultural
Período de retorno de 100 anos



Figura A4 – Metodologia da UA – Carta de Vulnerabilidade – Indicador Tipo Património cultural afectado – período de retorno de 10 e 100 anos.

Metodologia Carta da Classe de Vulnerabilidade
Indicador Densidade Populacional
Período de retorno 10 anos



Metodologia Carta da Classe de Vulnerabilidade
Indicador Densidade Populacional
Período de retorno 100 anos



Figura A5 – Metodologia ANPC_{R1} - Carta de Classes de Vulnerabilidade da ANPC_V – Indicador Densidade populacional – período de retorno de 10 anos e 100 anos

Metodologia Carta da Classe de Vulnerabilidade
Indicador Densidade Jovem
Período de retorno 10 anos



Metodologia Carta da Classe de Vulnerabilidade
Indicador Densidade Jovem
Período de retorno 100 anos



Figura A6 – Metodologia ANPC_{R1} - Carta de Classes de Vulnerabilidade da ANPC_V – Indicador Densidade populacional jovem – período de retorno de 10 anos e 100 anos

Metodologia Carta de Classe de Vulnerabilidade
Indicador Protecção Civil
Período de retorno de 10 anos



Metodologia Carta de Classe de Vulnerabilidade
Indicador Protecção Civil
Período de retorno de 100 anos



Figura A9 – Metodologia ANPC_{R1} – Carta de Classes de Vulnerabilidade ANPC – Indicador Protecção Civil – período de retorno de 10 anos e 100 anos.

Metodologia Carta de Classe de Vulnerabilidade
Indicador Património Natural
Período de retorno de 10 anos



Metodologia Carta de Classe de Vulnerabilidade
Indicador Património Natural
Período de retorno de 100 anos



Figura A10 – Metodologia ANPC_{R1} – Carta de Classes de Vulnerabilidade da ANPC – Indicador Património Natural – período de retorno de 10 anos e 100 anos



Figura A11 – Metodologia ANPC_{R1} – Carta de Classes de Vulnerabilidade da ANPC – Indicador Patrimônio Cultural – período de retorno de 10 anos e 100 anos.



Figura A12 – Metodologia ANPC_{R2} – Carta de classe de vulnerabilidade da UA – Indicador Densidade Populacional – período de retorno de 10 anos e 100 anos



Figura A13 – Metodologia ANPC_{R2} – Carta de classe de vulnerabilidade da UA – Indicador do Tipo de actividade económica afectada – período de retorno de 10 anos e 100 anos.

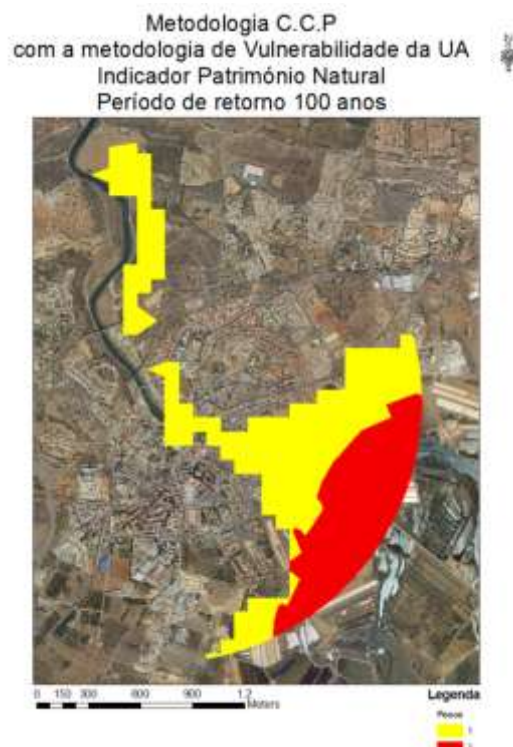


Figura A14 – Metodologia ANPC_{R2} – Carta de classe de vulnerabilidade da UA – Indicador Património Natural – período de retorno de 10 e 100 anos.



Figura A15 – Metodologia ANPC_{R2} – Carta de classe de vulnerabilidade da UA – Indicador Patrimônio Cultural – período de retorno de 10 e 100 anos.



Figura A16 – Metodologia ANPC_{R3} – Carta de classe de vulnerabilidade da ANPC_V – Indicador Densidade Populacional – período de retorno de 10 e 100 anos.



Figura A17 – Metodologia $ANPC_{R3}$ – Carta de classe de vulnerabilidade da $ANPC_V$ – Indicador Densidade Jovem – período de retorno de 10 e 100 anos.



Figura A18 – Metodologia $ANPC_{R3}$ – Carta de classe de vulnerabilidade $ANPC_V$ – Indicador Densidade Idosa – período de retorno de 10 e 100 anos.

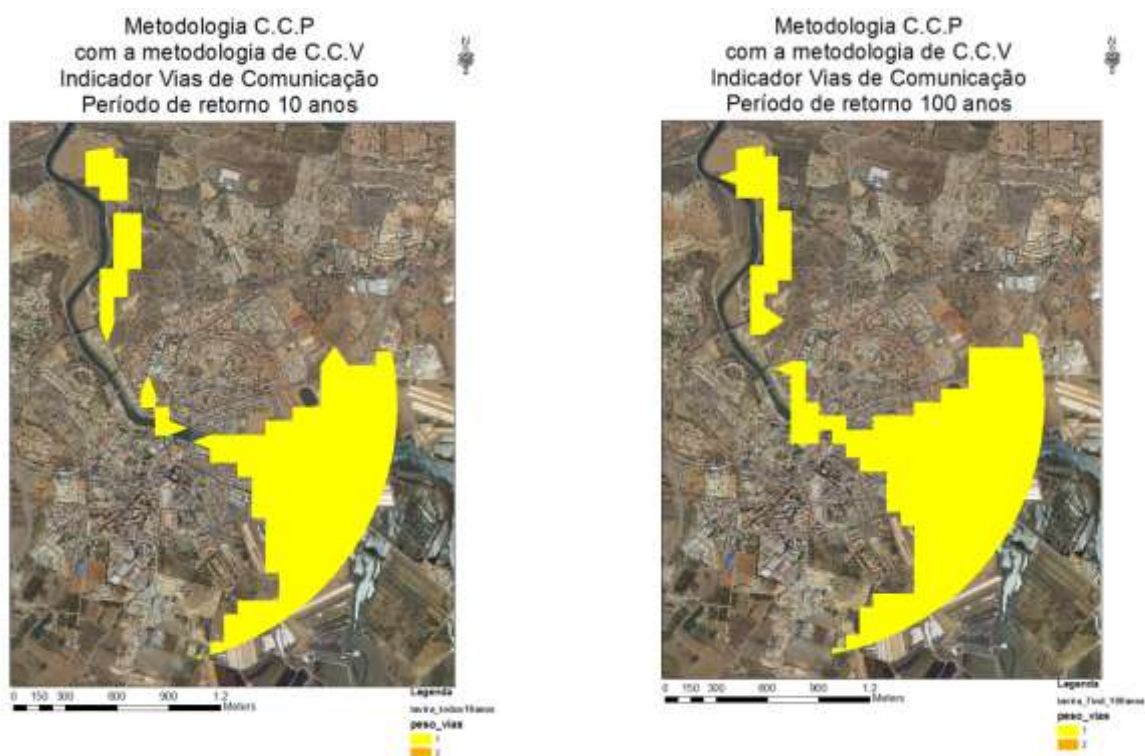


Figura A19 – Metodologia ANPC_{R3} – Carta de classe de vulnerabilidade ANPC_V – Indicador Vias de Comunicação – período de retorno de 10 e 100 anos

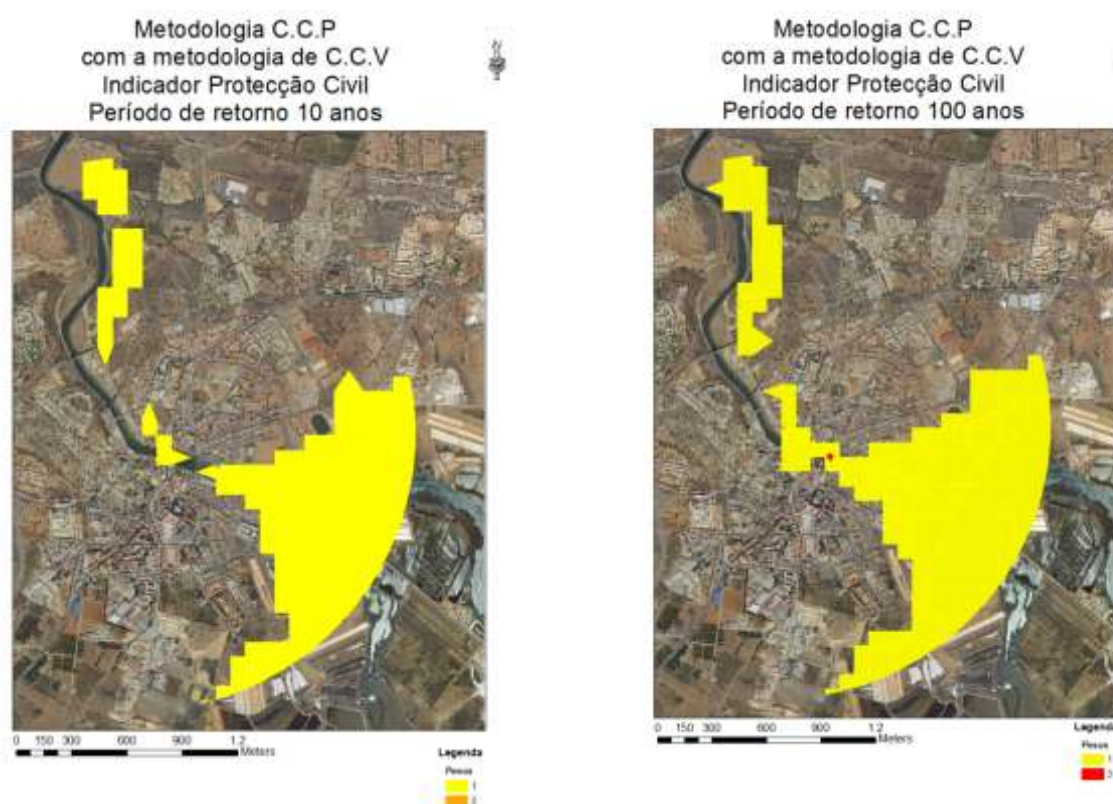


Figura A20 – Metodologia ANPC_{R3} – Carta de classe de vulnerabilidade ANPC_V – Indicador Protecção Civil – período de retorno de 10 e 100 anos



Figura A21 – Metodologia ANPC_{R3} – Carta de classe de vulnerabilidade ANPC_V – Indicador Património Natural – período de retorno de 10 anos e 100 anos.



Figura A22 – Metodologia ANPC_{R3} – Carta de classe de vulnerabilidade ANPC_V – Indicador Património Cultural – período de retorno de 10 e 100 anos.